Resumo

Este trabalho é o resultado de um ano de desenvolvimento para a concepção de uma fábrica de ônibus e caminhões de madeira em escala. As divisões da fábrica em módulos a tornam flexível e independente, podendo ser modernizada sem a necessidade de alterar toda a cadeia. Dessa forma, quatro principais divisões foram estabelecidas: o Módulo Principal e de Identificação, responsável pela sequência lógica de todos os processos que ocorrem desde o início até o fim da fabricação do brinquedo, assim como a verificação da pintura e de outros parâmetros de montagem; o Módulo de Pintura, responsável pela coloração e secagem das peças de madeira usadas na fabricação dos brinquedos; o Módulo de Montagem, que recebe as peças provenientes da pintura devidamente posicionadas e as compõe para formar o produto final; por último, o Módulo de Posicionamento, Transporte e Armazenagem, que atua em todos setores da fábrica, tornando possível o fluxo de peças entre os módulos, o estoque de materiais consumíveis e a correta orientação das peças para os demais módulos. O objetivo principal desta segunda etapa do projeto é dar seguimento ao projeto conceitual, definindo e dimensionando os módulos com base em métodos já verificados experimentalmente bem como os componentes de cada seção da estrutura a fim de garantir que a produção do brinquedo seja livre de erros grosseiros.

Palavras-chave: módulos, dimensionamento, componentes.

Abstract

This work is the result of a year of development for the design of wood buses and trucks factory in scale. The divisions of the factory in modules make it flexible and independent, and can be upgraded without changing the whole chain. Thus, four major divisions were established: the Main module and Identification, responsible for the logical sequence of all processes that occur from the beginning to the end of the vehicle manufacturing, as well as verification of painting and other parameters of setting; the Painting module, responsible for staining and drying of the wood pieces used in the manufacture; the Assembly module, which receives the parts from the painting properly positioned and composed to form the final product; and finally, the Positioning, Transportation and Storage module, which operates in all sectors of the factory, making possible the flow of parts between the modules, the supply of consumables and the correct orientation of the parts for the other modules. The main objective of this second phase of the project is to proceed with conceptual design, sizing and setting modules based on methods already experimentally verified and the components of each section of the structure to ensure that production of the vehicle to be free of blunders.

Keywords: modules, sizing, components.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Módulo Supervisório e de Identificação
Elizandro Garcia Roos
Camilla Lima Florence
Marcelo Scomazzon

Módulo de Pintura
Giorgio André Guerra Rigoni
Gustavo Rodrigues Gonçalves da Silva
Rodrigo Lautert Hamester

Módulo de Armazenamento, Posicionamento e Transporte
Alan Fachim
Augusto dos Santos Raimundo
Vítor Tumelero Valente
William Klein Oliveira

Módulo de Montagem
Arthur Santariano Trojahn
Diogo Vinícius Campezatto
Lecio Cavalcanti Mendonça
Mateus Eduardo Henz
Mateus Streit Giaretta

Orientados por
Prof. Dr. Rafael Antônio Comparsi Laranja

Disciplina: CCA99002 – Projeto I

Porto Alegre, Dezembro de 2010.

Sumário

1 INTRODUÇÃO. 6

1.1 - Objetivos 6

1.1.1 - Objetivos Gerais 7

1.1.2 - Objetivos Específicos 7

2 IDENTIFICAÇÃO E MÓDULO PRINCIPAL 9

2.1 - Identificação 9

2.1.1 - Identificação da Pintura 9

2.1.1.1 - Montagem do Disco Giratório 10

2.1.1.2 - Montagem da Placa de Controle 11

2.1.1.3 - Materiais Utilizados 12

2.1.1.4 - Programa de Identificação 13

2.1.2 - Identificação da Montagem 14

2.2 - Módulo Principal 14

2.2.1 - Fluxo de execução 15

2.2.2 - CLP 16

2.2.2.1 - Ciclo de funcionamento 16

2.2.2.2 - Escolha do CLP 17

3 PINTURA 18

3.1 - Pintura por Spray 20

3.1.1 - Materiais 20

3.1.2 - Construção 21

3.2 - Pintura por Imersão 23

3.2.1 - Materiais 23

3.2.2 - Construção 24

3.3 - Secagem 26

3.3.1 - Materiais 26

3.3.2 - Construção 26

4 MÓDULO DE MONTAGEM **27**
4.1 - Plataforma de Montagem
27
4.1.1 - Materiais Utilizados 29
4.1.2 - Dimensões 29
4.2 - Posicionamento das Rodas 31
4.3 - Posicionamentos dos Parafusos 31
4.3.1 - Dimensões 33
4.4 - Pré-Montagem 34
4.5 - Processo de Montagem 34
4.5.1 - Movimento de Fixação
34
4.5.2 - Materiais Utilizados 35
4.6 - Eliminação de Resíduos 35
4.6.1 - Materiais Utilizados 35
5 POSICIONAMENTO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM **36**
5.1 - Estrutura 36
5.1.1 - Motores 37
5.1.2 - Disposição dos módulos 38
5.2 - Transporte 38
5.2.1 - Esteira 38
5.2.2 - Elevador 39
5.3 - Posicionamento 40
5.3.1 - Garra 40
5.3.2 - Gaveta 41
5.4 - Armazenamento 42
5.4.1 - Rodas, trucks e chassi 42
5.4.2 - Carroceria, cabine e caçamba 42
6 CONCLUSÃO **44**
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **46**

1 INTRODUÇÃO

O mercado em Engenharia, atualmente, necessita de profissionais com conhecimento em mecânica, eletrônica, elétrica, informatização de sistemas, além de capacidade de aplicar suas ideias em projetos desde sua proposta até a sua realização. Nesse perfil, a área de Engenharia de Controle e Automação vem em constante crescimento, por atender a esses requisitos. Além disso, a sistematização do projeto: hierarquia, método, separação em módulos e trabalho em equipe são fundamentais para que bons projetos sejam executados, tanto na sua concepção inicial, quanto na possível atualização, ou mesmo inserção de novos módulos.

Nesse intuito, foi proposto na disciplina de Projeto I – CCA99002 que os alunos fizessem o projeto de uma célula de manufatura de veículos de madeira em escala reduzida. Os produtos finais dessa célula de manufatura são dois tipos: ônibus e caminhões, ambos montados a partir de peças de madeira. Para isso, foi proposto que a manufatura fosse dividida em módulos: armazenamento, pintura, identificação, módulo principal, montagem e transporte e posicionamento. Os módulos devem encaixar-se uns nos outros de modo a constituir uma linha de montagem completa.

No final do projeto conceitual, esperava-se que, na segunda etapa do projeto, todos os, ou a maioria dos, equipamentos fossem tecnicamente descritos além de localizados espacialmente na planta da célula de manufatura. Dessa forma, serão abordados aqui, em Projeto II - CCA99003, parâmetros mais aprofundados dos conceitos desenvolvidos, tornando mais refinado o projeto da fábrica de ônibus e caminhões de madeira. Dimensões, componentes e processos aqui descritos caracterizam a linha de produção.

1.1 Objetivos

Além dos objetivos existentes no projeto conceitual, novas necessidades surgiram com o refinamento dos processos, direcionando melhor os objetivos a serem alcançandos por cada módulo.

1.1.1 Objetivos Gerais

Numa abordagem macroscópica, o objetivo desse projeto é definir os processos, as dimensões e componentes que serão utilizados para a confecção dos módulos na etapa seguinte, a fim de garantir que a produção do brinquedo seja livre de erros grosseiros. Além disso, a validação de ideias concebidas no projeto conceitual também é um dos objetivos deste trabalho, para que, caso um destes conceitos não esteja em condições de ser implementado, ou não fizer parte da realidade da célula de manufatura, possa ser substituido por outro condizente e/ou com melhor custo benefício.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para o módulo principal, deseja-se que o CLP da Altus escolhido seja capaz de atender as nossas necessidades, com portas disponíveis em numero suficiente e com velocidade adequada. Além disso, espera-se dos módulos a análise das prioridades do que enviar ao CLP, cuidando para que problemas que possam ser solucionados pelo módulo, não sejam enviados ao modulo principal. Em outras palavras, falta de tinta no modulo deve ser problema do mesmo e falta de tinta da fabrica deve ser alertado ao CLP.

Para o módulo de identificação, deseja-se que o software reconheça defeitos na pintura e na montagem com o grau de tolerância que atenda as especificações de qualidade. Para isso, serão pesquisados novos filtros e novas técnicas de iluminação. Alem disso espera-se que a análise das imagens não prejudique na velocidade de andamento da fábrica. Caso isso aconteça, outros métodos serão utilizados.

Para o módulo de pintura, deseja-se que o veículo seja pintado de acordo com as solicitações do usuário. Para tanto, será aprofundado o estudos dos métodos de se fazer pintura automática em peças de madeira, suas respectivas implementações, suas funcionalidades, além de um processo de secagem adequado para que a peça possa seguir para os outros módulos dentro da fábrica.

Para o módulo de armazenamento, transporte e posicionamento deseja-

se o controle da quantidade das peças usadas na montagem, assim como o deslocamento e o correto posicionamento das mesmas a fim de que os outros módulos possam realizar as suas tarefas adequadamente em cada uma das peças.

Para o módulo de montagem, deseja-se uma correta montagem das peças para se obter um produto final de ótima qualidade e aparência. De acordo com estes objetivos, serão selecionadas ferramentas de pequena incerteza, cujo controle deve ser possível se necessário, e a elaboração de gabaritos para auxiliar na fixação das peças.

2 IDENTIFICAÇÃO E MÓDULO PRINCIPAL

2.1 Identificação

O Modulo de Identificação tem o objetivo de verificar a qualidade de pintura e de montagem das peças. Este processo é dividido em duas etapas. Em ambas, câmeras adquirem imagens que são processadas pelo computador e, as informações obtidas, são comparadas aos dados fornecidos pelo CLP. Um sinal de saída é gerado, indicando o estado da peça que foi posicionada sobre o módulo.

Figura 2.1: Arquitetura do módulo de identificação.

2.1.1 Identificação da Pintura

A primeira etapa identifica se a cor e as medidas das peças saídas do Módulo de Pintura atendem às especificações ou devem ser eliminadas. Para realizar esta operação, as peças pintadas são levadas até um disco giratório equipado com duas câmeras. A primeira permite captar a vista superior do objeto enquanto a segunda é fixada lateralmente. Girando a plataforma, esta câmera obtém as quatro imagens das laterais.

Após a aquisição destas cinco imagens, o computador deve aplicar uma sequência de

filtros que permita identificar a cor do objeto, suas dimensões e se estas estão de acordo com o especificado . Para isso, o programa de reconhecimento de imagem foi desenvolvido.

2.1.1.1 Montagem do Disco Giratório

O disco giratório é feito de madeira, com diâmetro de 60cm e apoiado sobre um rolamento. No disco é acoplada uma engrenagem de diâmetro de 15cm que é conectada à uma motor de 15W através de uma engrenagem de raio 2cm.

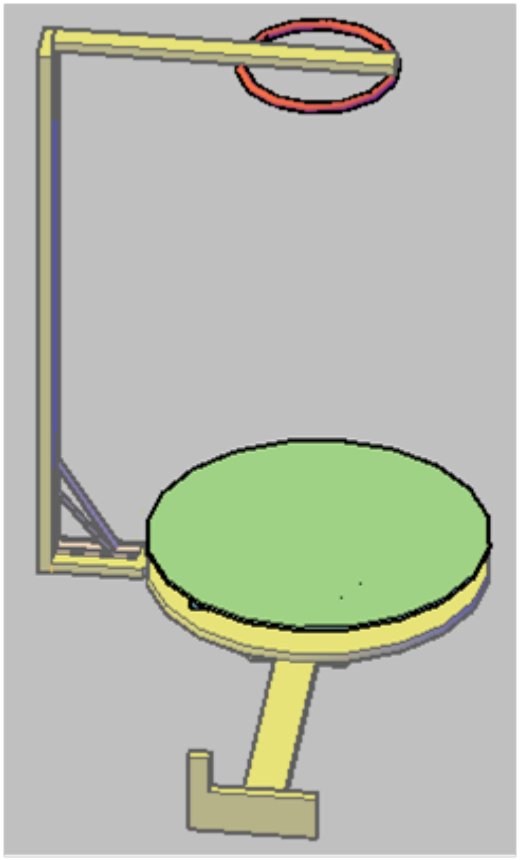

Figura 2.2: Parte mecânica do módulo de identificação da pintura.

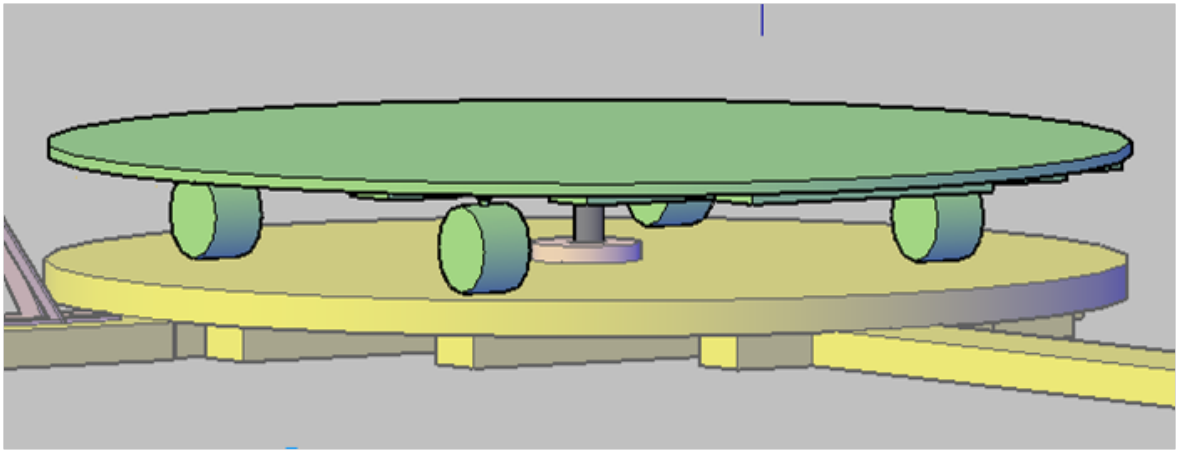

Figura 2.3: Vista detalhada do prato giratório.

Para permitir que o disco giratório posicione o objeto em frente à câmera nas quatro posições necessárias, quatro ímãs foram distribuídos simetricamente ao redor do disco giratório. Isso possibilita que um sensor magnético, controlado por uma placa, faça paradas de 90 em 90 graus.

2.1.1.2 Montagem da Placa de controle

A placa de controle recebe um sinal do CLP indicando que o disco pode reposicionar o objeto. Quando essa ação for terminada, o circuito manda um sinal ao CLP, estabelecendo assim um protocolo de comunicação simples para a parte mecânica.

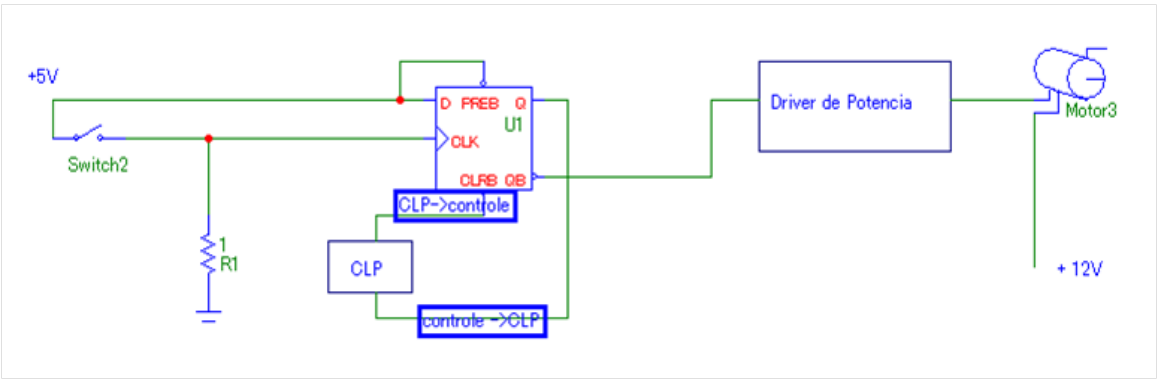

Figura 2.4: Circuito da Placa de Controle.

2.1.1.3 Materiais Utilizados

Os materiais utilizados para a fabricação do modulo de identificação foram adquiridos de acordo com a necessidade do processo de construção do mesmo. A seguir, a relação dos materiais empregados na construção.

Para confecção do disco giratório:

- 2 chapas de acrílico 100 cm x 40 cm x 0,6 cm
- 3 chapas de madeira MDF 60 cm x 40 cm x 1,9 cm
- 1 chapa de madeira pinus 240 cm x 30 cm x 2 cm
- 50 parafusos com ponta
- 50 parafusos sem ponta com porca e arruela
- 1 engrenagem de 13 cm de diâmetro
- 1 rolamento de 4 cm de diâmetro
- 4 rodízios de 4 cm de diâmetro
- 3 mãos francesas
- 1 parafuso de 1,8cm de diâmetro

Para Iluminação:

- 1 lâmpada circular branca com reator 32 W 110 V
- 1 lâmpada comum branca 22 W 110 V

Para Placa de Controle:

- 4 m de fio duplo 4 mm
- 2 webcams
- 4 ímãs
- 1 sensor magnético
- 1 fonte 12 V - 10 A
- 1 CI flip-flop 7474
- 1 resistor
- 1 capacitor de 3,3 uF
- 1 protoboard
- 1 relé
- 1 botão
- 1 motor com redução

Para confecção das amostras de teste:

- 3 potes de tinta PVA nas cores preta, vermelha e azul para a pintura de teste de análise
- 2 chapas de madeira pinus 240 cm x 30 cm x 2 cm

2.1.1.4 Programa de Identificação

O programa de identificação tem por objetivo analisar as imagens capturadas pelas duas câmeras. Para a aquisição e processamento das imagens utilizou-se o software MatLab(r) e as bibliotecas *image aquisition toolbox* e *image processing toolbox*. Para realizar a segmentação, a imagem passa por diversos processos até a obtenção das informações desejadas.

A filtragem inicia-se convertendo a imagem em preto e branco através do método de *threshold*. Após, aplica-se um filtro para eliminar ruídos menores, resultando em uma imagem em branco do objeto e em preto do fundo. O objeto de maior área é separado da imagem preto e branco e, baseado-se na sua localização, obtém-se uma imagem colorida apenas do objeto principal.

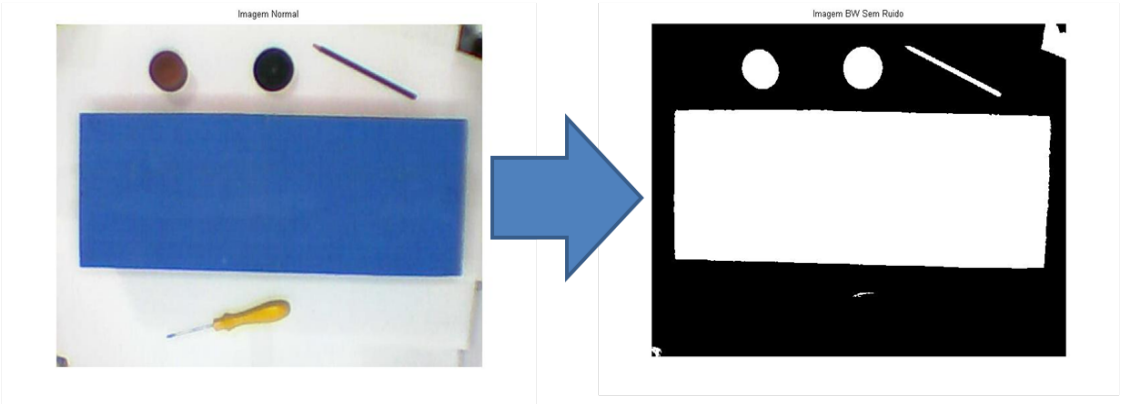

Figura 2.5: Análise de filtros.

Figura 2.6: Resultado final da filtragem.

Ao fim da filtragem, esta imagem é passada para o formato HSV com o objetivo de separar a cor (hue) da saturação (saturation) e luminosidade (value). A media e a variância destes três parâmetros permitem o reconhecimento da cor do objeto. A analise dimensional é feita através da contagem dos pixels da área, perímetro e o calculo do maior lado, menor lado e da excentricidade.

Repetindo esta operação para as cinco imagens de cada objeto e comparando os valores, o software calcula todas as dimensões do objeto e as cores de cada face gerando um numero de 2 bits. Este valor de binário será enviado para o CLP via porta serial, que tomará a decisão adequada. Um terceiro bit também será usado para indicar se o processo está em andamento ou se o módulo está livre para receber novas peças.

SAÍDA - 2 bits	LEGENDA
00	Dimensões e cores erradas
01	Dimensões erradas, cores corretas
10	Dimensões certas, cores erradas
11	Dimensões e cores certas

Tabela 2.1: Lista das possíveis saídas do sistema.

2.1.2 Identificação da Montagem

O módulo de identificação também tem por objetivo identificar a montagem final do caminhão. A idéia é usar a mesma estrutura da identificação da pintura, com algumas diferenças na parte do processamento da imagem. Esta segunda etapa do projeto será realizada na cadeira de Projeto III.

2.2 Módulo Principal

O Módulo Principal tem como objetivo implementar a lógica de controle principal que define quando os outros módulos serão ativados, de acordo com o status do processo e dos comandos entrados pelo operador.

Cada módulo da manufatura terá seu próprio bloco de comandos a ser executado no

CLP, e cada um com suas entradas e saídas que podem ser analógicas ou digitais, tais como acionamento de motores, e sensores de posição. Porém a lógica de execução de cada bloco de programa depende dos demais, devendo existir uma sincronização entre eles, e isso é feito através da sinalização entre os processos através de sinais lógicos de entrada e saída.

O Módulo Principal irá verificar através de sensores e câmeras, bem como dados recebidos pela IHM, o posicionamento das peças, e eventuais problemas que possam surgir durante o processo de manufatura, disparando alarmes e até mesmo interrompendo todos os equipamentos se necessário.

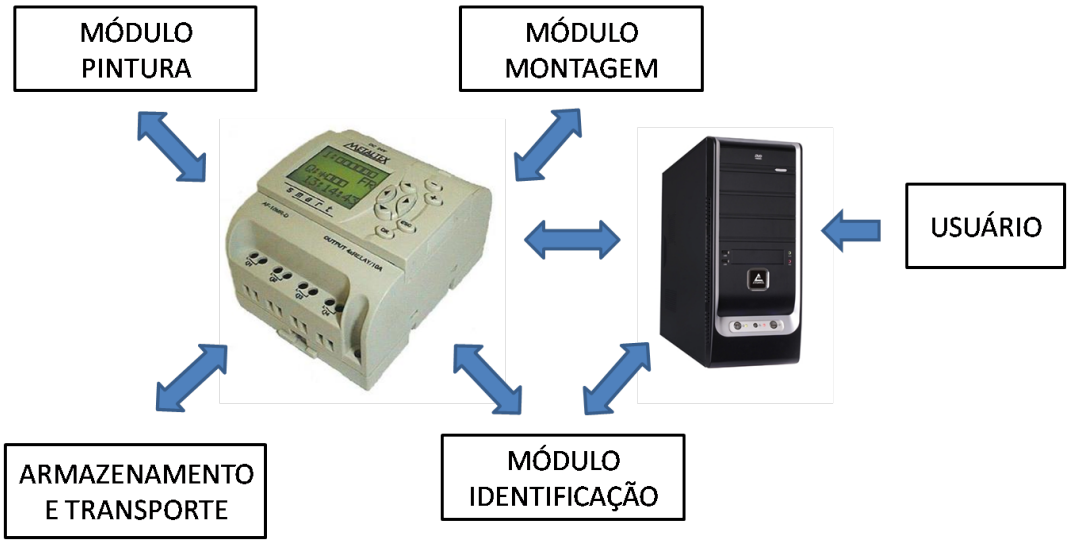

Figura 2.7: Arquitetura do módulo principal.

2.2.1 Fluxo de execução

O foco principal é ter um protótipo da celula de manufatura que produza um brinquedo por vez. Assim, através da IHM, o operador poderá escolher a cor e o tipo de brinquedo antes de iniciar o processo. Após a escolha do produto a ser construído, são verificados se há quantidade de peças necessárias no estoque, assim como o nível de tinta nos reservatórios, e quantidade de parafusos na montagem. Só depois dessas verificações iniciais que a célula de manufatura entrará em funcionamento.

A cada etapa do processo, eventuais erros irão disparar alarmes para que o operador tome conhecimento e efetua as correções necessárias. O funcionamento geral da célula de manufatura é ilustrado no fluxograma abaixo:

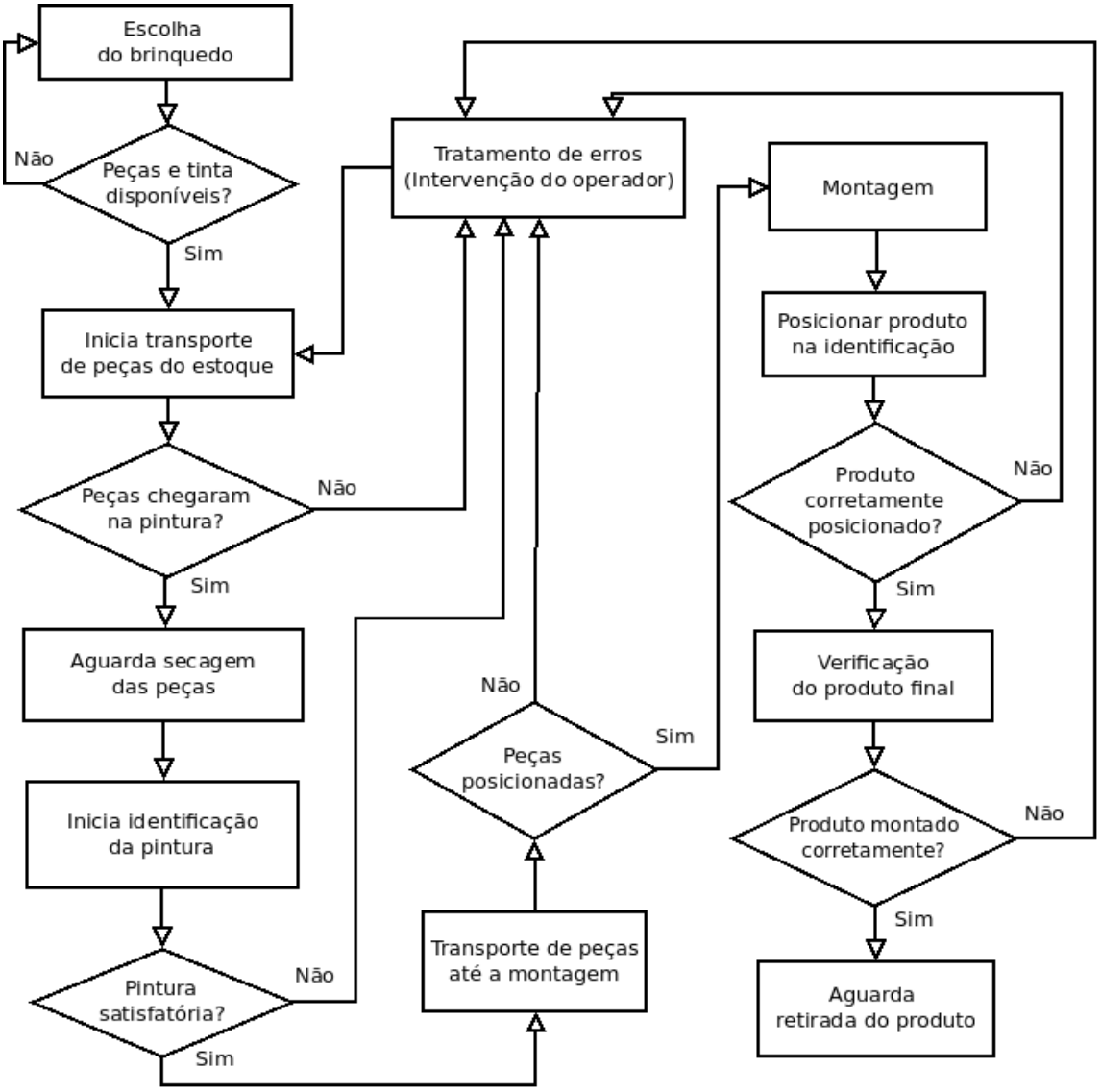

Figura 2.8: Fluxograma básico da célula de manufatura.

2.2.2 CLP

2.2.2.1 Ciclo básico de funcionamento

Quando o CLP é ligado, são executadas rotinas de inicialização, tais como verificação da CPU, memória e configuração interna, desativação das saídas, carregamento do programa do usuário. Após, inicia-se o processo periódico de execução, que consiste de ciclos de varredura, como esquematizado na figura abaixo:

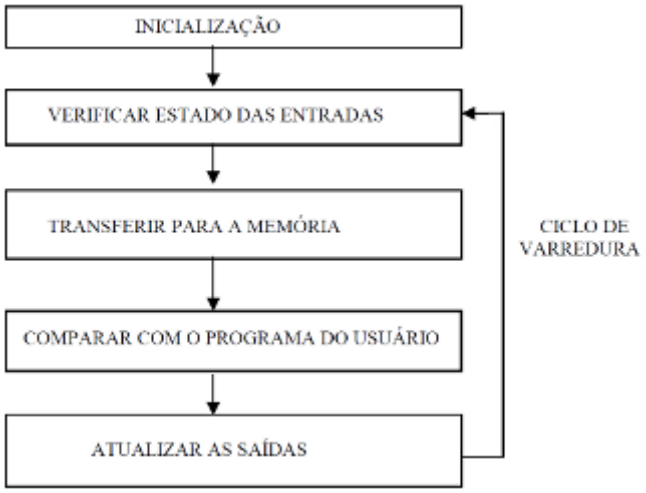

Figura 2.9: Fluxo básico de execução do CLP.

Primeiramente as entradas analógicas e digitais são lidos e os valores são armazenados na memória interna do CLP. Então são executadas as rotinas programadas pelo usuário, contendo a lógica que define quais saídas serão ativadas, de acordo com o estados das entradas e de variáveis internas de programa, alterando as posições na memória de saída. Após todas as posições de saída serem atualizadas, esses valores são transferidos para os módulos de saída, a fim de ligar ou desligar os respectivos equipamentos externos conectados, completando assim um ciclo de execução.

É importante salientar que esse processo ocorre sequencialmente, não sendo possível estruturas de repetição, como em um programa de computador. Todo o programa é executado continuamente do início ao fim a cada ciclo de execução.

2.2.2.2 Escolha do CLP

O controlador lógico programável (CLP) que será utilizado é o Duo 351 da Altus. Este CLP foi escolhido principalmente devido ao seu bom custo benefício, por sua facilidade de uso e por possuir recursos desejáveis para o projeto em questão. Uma de suas características é que esse modelo já possui uma interface homem-máquina (IHM) embutida, o que torna o sistema simples e robusto.

A Altus disponibiliza gratuitamente a ferramenta MasterTool IEC, a qual permite a configuração e programação do CLP, bem como simulação de código, trazendo grande agilidade no desenvolvimento.

A ferramenta suporta todas as linguagens descritas pela norma IEC-61131:

- Linguagens Textuais :
    - Lista de Instruções (IL)
    - Texto Estruturado (ST)

- Linguagens Gráficas :
    - Seqüenciamento Gráfico de Funções (SFC)
    - Diagrama de Blocos Funcional (FBD)
    - Diagrama Ladder (LD)

Além das linguagens descritas pela norma acima há ainda o Gráfico Contínuo de Funções (CFC), que é baseado no Diagrama de Blocos Funcional.

É possível utilizar diferentes linguagens na mesma aplicação, o que confere grande flexibilidade. Assim, a lógica principal dos módulos será feita utilizando uma linguagem gráfica, como o Ladder, para facilidade de entendimento, e quando for necessária uma lógica mais detalhada ou complexa será usada uma linguagem de texto, como o ST.

Cada módulo da manufatura terá um módulo de programa associado no CLP. Cada módulo se comunicará com os demais através de entradas e saídas lógicas que são posições na memória do CLP. Essas posições serão atualizadas de acordo com a leitura dos sensores e com a lógica do processo de manufatura, como explicado no item anterior. Por exemplo, após a pintura de uma peça, o módulo de posicionamento irá posicionar a peça no local de identificação da pintura, e então irá ativar o módulo de identificação através de um sinal lógico. O módulo de identificação então terá seu próprio fluxo de execução, e após finalizado, será gravado um sinal lógico de saída que descreve o status de identificação (sinalizando se a pintura foi efetuada satisfatoriamente).

Para o desenvolvimento dos algoritmos de controle no CLP faz-se necessário saber quais são as entradas e saídas, ou seja, quaise sensores e atuadores o CLP controlará, bem como o relacionamento entre todas elas, definido-se assim a lógica de controle de toda manufatura. Esse detalhamento ainda não foi feito, assim a implementação dos módulos de controle serão desenvolvidos na cadeira de Projeto 3.

3 PINTURA

Os veículos produzidos pela fábrica poderão ter as seguintes configurações de cores: rodas, chassi e trucks serão sempre pretos; as partes superiores poderão ser azuis ou vermelhas. Como decidido anteriormente, a tinta a ser utilizada no processo é PVA.

O processo de pintura será subdividido em duas partes: As peças maior volume (carroceria do ônibus, caçamba e cabine do caminhão) serão pintadas por meio de spray. As demais peças (chassi, trucks e rodas) serão pintadas por imersão. Após a pintura, todas as peças passarão pela parte de secagem, comum aos dois tipos de processos de pintura.

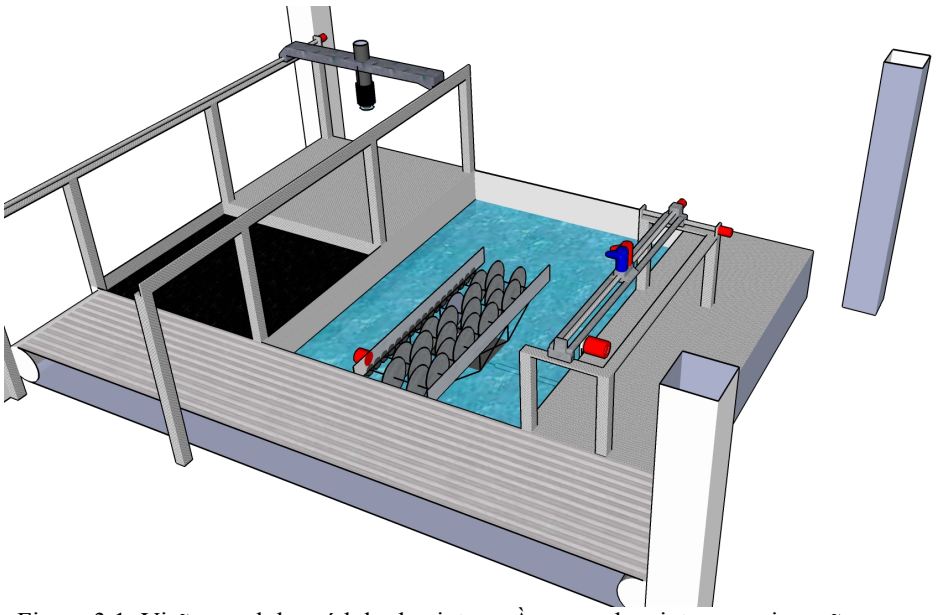

Figura 3.1: Visão geral do módulo de pintura. À esquerda, pintura por imersão; ao centro, pintura por aerossol, e à frente, esteira de secagem.

3.1 Pintura por spray

Após saírem da armazenagem, as peças deverão ser posicionadas para que se inicie a pintura. Através de uma esteira, as peças coloridas serão posicionadas em frente a uma estrutura giratória que possuirá discos giratórios para transporte. Ao lado dessa estrutura, estará posicionada uma pistola de tinta, que irá pintar toda a lateral e pouco mais da metade da parte superior da peça. A pistola de tinta irá se deslocar ao longo do comprimento da peça, a uma velocidade constante, para que a pintura fique uniforme. Para o próximo lado, quando necessário, a pistola de tinta irá se deslocar para trás, visto que nos casos da carroceria do ônibus e da caçamba do caminhão temos uma dimensão consideravelmente maior que a outra. Dessa forma, a pistola de tinta ficará sempre posicionada na mesma distância do objeto a ser pintado. Futuramente será verificada a necessidade de a peça efetuar dois giros para que receba duas demãos de tinta.

3.1.1 Materiais

Para a estrutura giratória, serão necessários: discos metálicos de 10 cm de diâmetro cada, 9 eixos com 8 mm de diâmetro e 25 cm de comprimento, engrenagens, uma correia e dois motores CC de 20 W, além de suportes, preferencialmente metálicos (alumínio), para montar a estrutura. Além disso, serão necessários fusos e mais dois motores de passo para a estrutura que controla a posição da pistola de tinta (serão utilizadas duas pistolas de tinta, uma para cada cor). Também, serão necessários dois sensores de nível nos tanques de tinta e sensor de passagem no começo da esteira giratória.

3.1.2 Construção

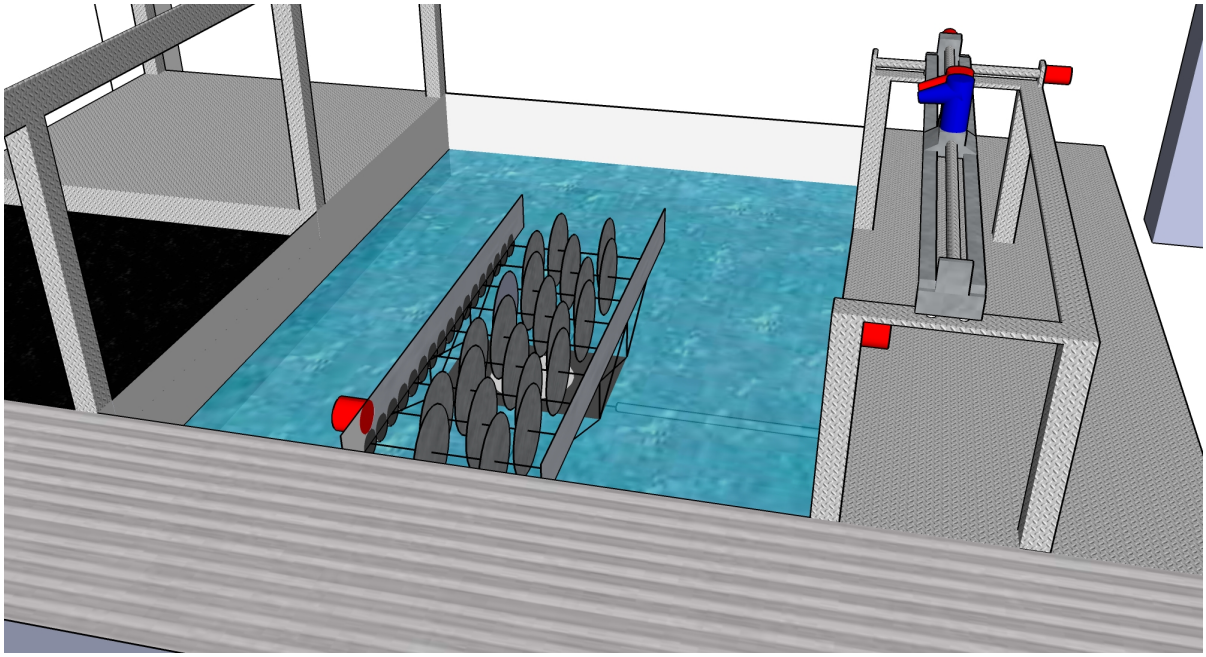

Figura 3.2: Estrutura dos discos para pintura em aerossol.

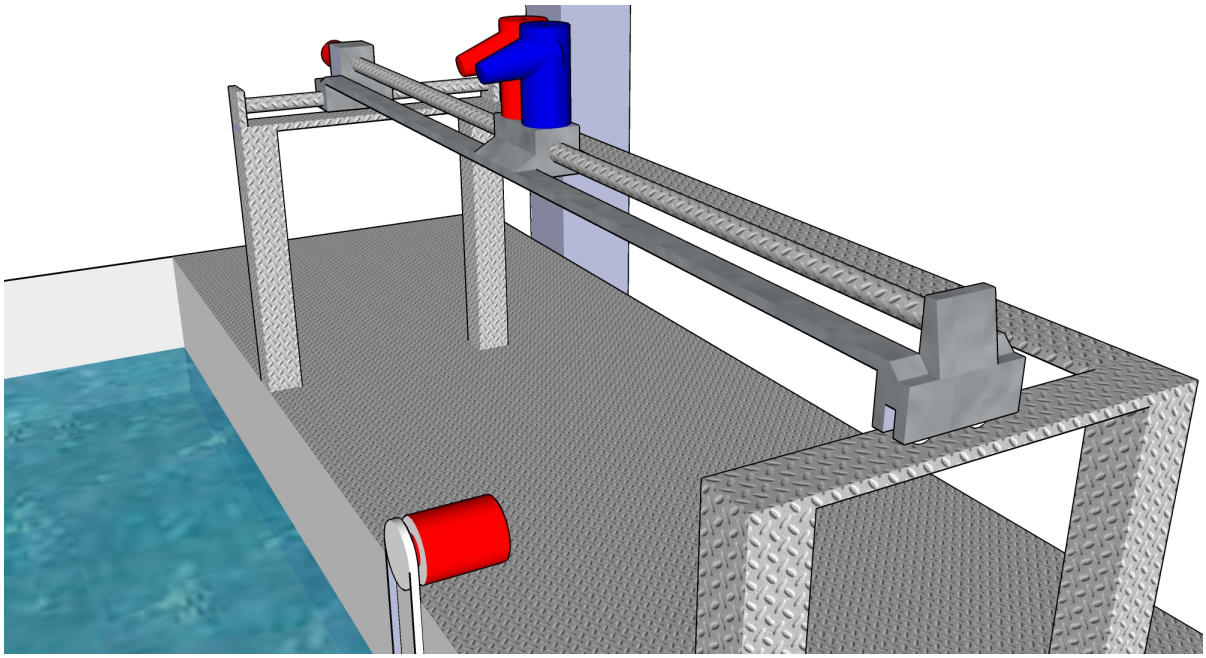

Figura 3.3: Estrutura de movimentação das pistolas.

A plataforma com discos tem 60 cm de comprimento, 10 cm a mais que a maior peça que recebe este processo, para realizar operações de movimentação. Além disso, as peças chegam à esta plataforma através do módulo de armazenamento e transporte, situado ao lado do módulo de pintura. Os discos são dispostos de modo intercalado, para que a menor peça que recebe este processo tenha ao menos três pontos de apoio em qualquer situação.

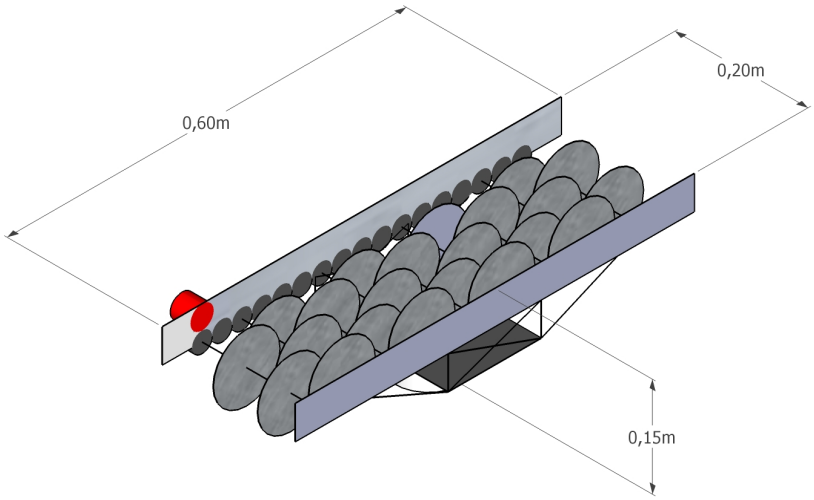

Figura 3.4: Plataforma de discos para pintura por aerossol.

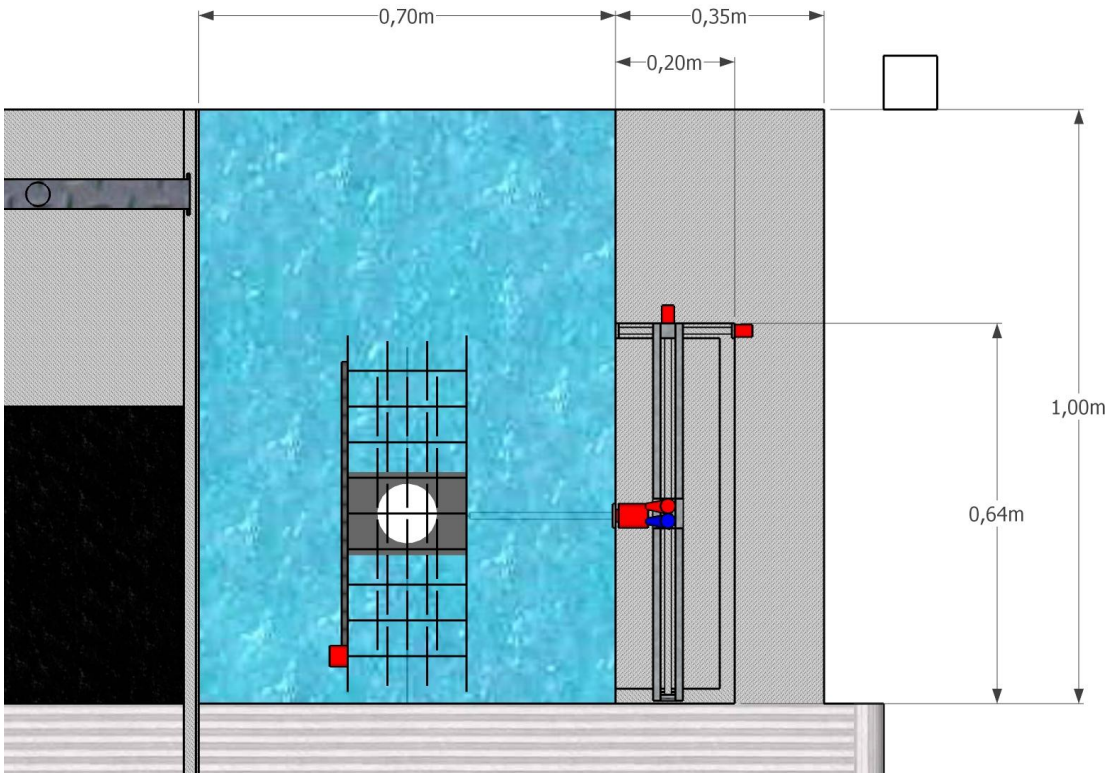

Figura 3.5: Dimensões da área alocada para a pintura por aerossol.

3.2 Pintura por imersão

Para a pintura por imersão, as peças virão da armazenagem através de um gabarito. Diretamente do gabarito, as peças serão erguidas, uma a uma, através de uma ventosa, por um processo de geração de vácuo. Já suspensa, a peça será levada até um tanque, em que será imersa. Ao lado do tanque, estarão posicionados dois ventiladores, um em cada lado, para retirar o excesso de tinta que ficar nas peças. Em seguida, as peças serão levadas para a parte de secagem.

3.2.1 Materiais

Para o mecanismo que servirá para segurar as peças e mergulhá-las no tanque com tinta, serão utilizados um compressor, um gerador de vácuo Festo VAD - 9394, uma ventosa siliconada de 4 cm de diâmetro e um furo de aproximadamente 1 cm, dois fusos e dois motores de passo. Ainda, serão utilizados mais dois *coolers* acoplados à estrutura, e mais um fuso e um motor de passo para o movimento de translado, além de um sensor de nível para a tinta e uma chave/relé no gabarito para sinalizar que há peças prontas para serem carregadas pela estrutura e pintadas. Também, a parte de suporte e de apoio será feita preferencialmente de material metálico (alumínio).

3.2.2 Construção

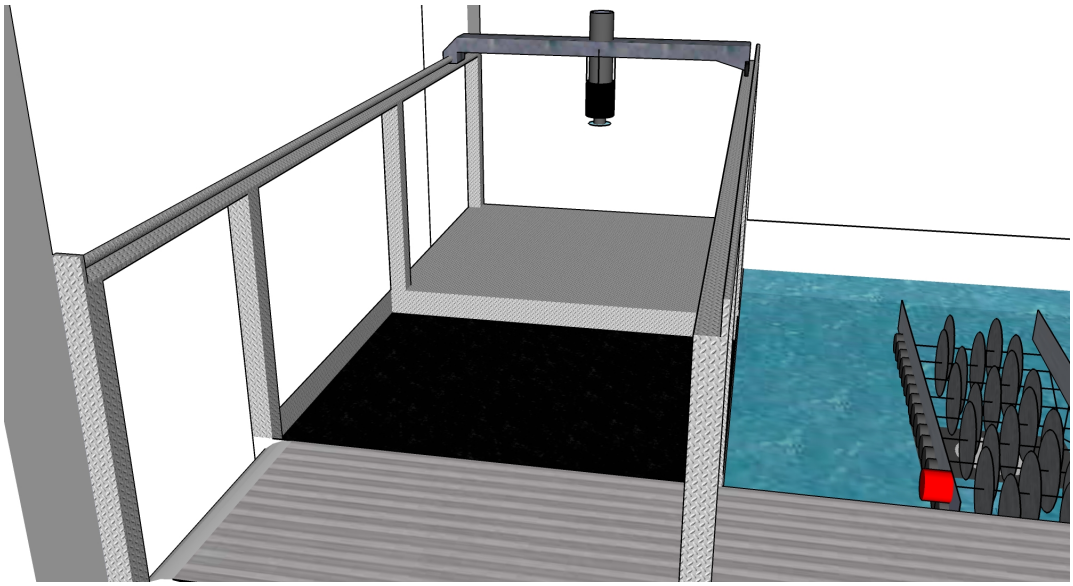

Figura 3.6: Estrutura da pintura por imersão.

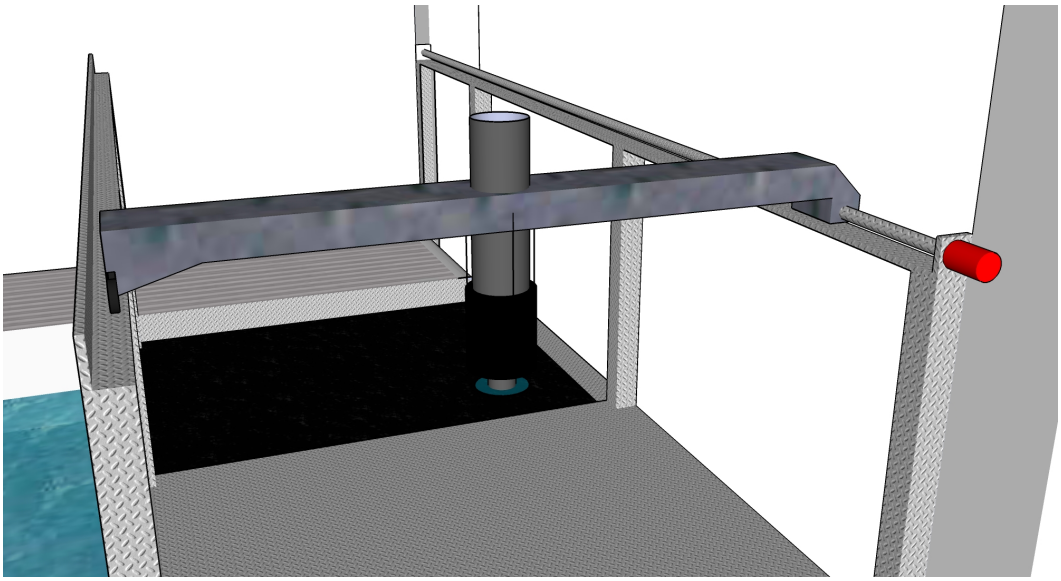

Figura 3.7: Detalhe da ponte rolante, acionada por um fuso.

A ponte rolante usada para realizar a movimentação das peças é acionada por um fuso, movido por um motor de passo. Há somente três graus de liberdade, pois o mecanismo utilizado para segurar as peças somente se move com a ponte rolante e verticalmente, além de girar no seu próprio eixo. Não há deslocamento lateral.

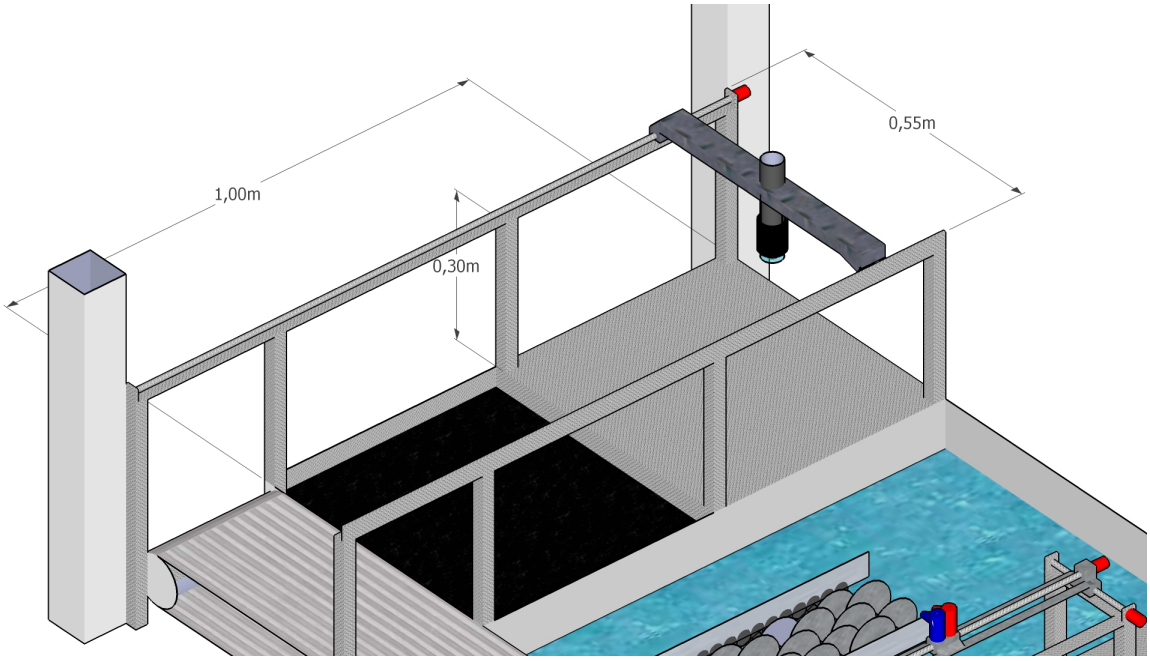

Figura 3.8: Dimensões da ponte rolante para a pintura por imersão.

3.3 Secagem

Depois de pintadas, todas as peças serão posicionadas em uma esteira metálica. Essa esteira irá conduzir as peças para uma área fechada com calor e vento. Cada peça (ou conjunto de peças, quando estas forem pequenas) passará por dentro deste recinto num tempo de aproximadamente três minutos, a fim de ficarem secas o suficiente para prosseguir dentro da manufatura. Em seguida, as peças serão levadas ao elevador.

3.3.1 Materiais

Na parte de secagem, serão necessários apenas um motor CC de 30 W, lâmpadas dicróicas (estima-se o uso de cerca de 10 lâmpadas) e mais *coolers* para melhorar a secagem e diminuir o tempo. A esteira será metálica e será necessário um sensor de passagem no final para sinalizar que uma peça está saindo da secagem.

3.3.2 Construção

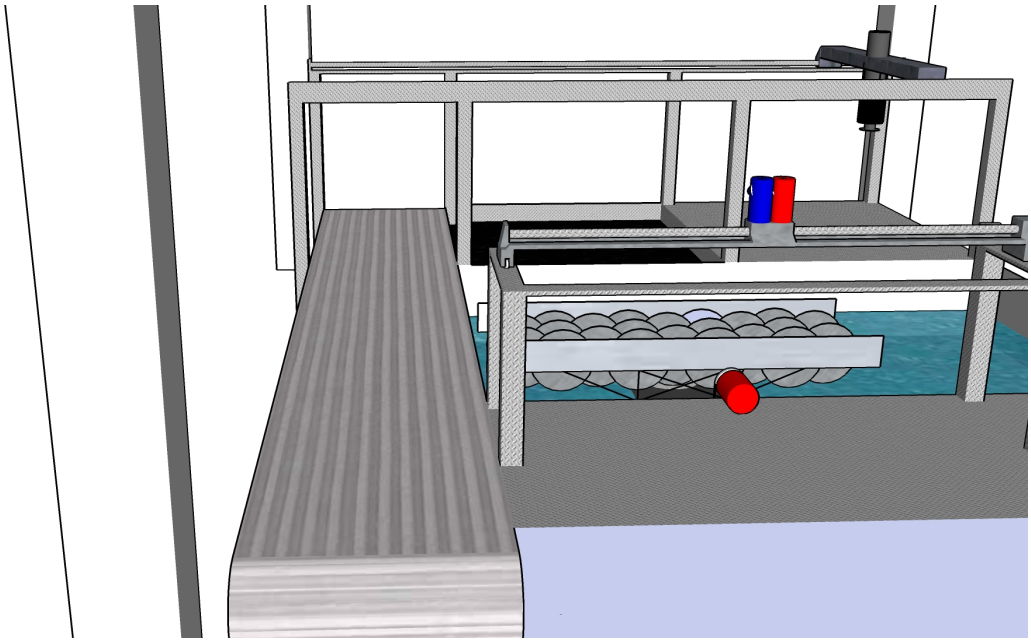

Figura 3.9: Esteira de secagem, compartilhada entre os dois modos de pintura.

4 MÓDULO DE MONTAGEM

Depois de pintadas e secas, todas as peças deverão ser montadas para a confecção do produto final. Esta etapa será realizada de forma que não haja diferença entre o processo de montagem do ônibus e do caminhão. Todas as peças serão fixadas através de parafusos, de forma que apenas a roda possa girar, e as demais peças não possuam nenhum tipo de movimento em relação às outras.

O módulo é constituído basicamente por uma plataforma móvel, localizada no centro do módulo, onde serão acomodadas as peças para a montagem. Temos também três atuadores pneumáticos ligados a três respectivas parafusadeiras, responsáveis pelo movimento de fixação e mais três trilhos por onde percorrem as estruturas contendo os parafusos usados no processo, além de motores e roldanas.

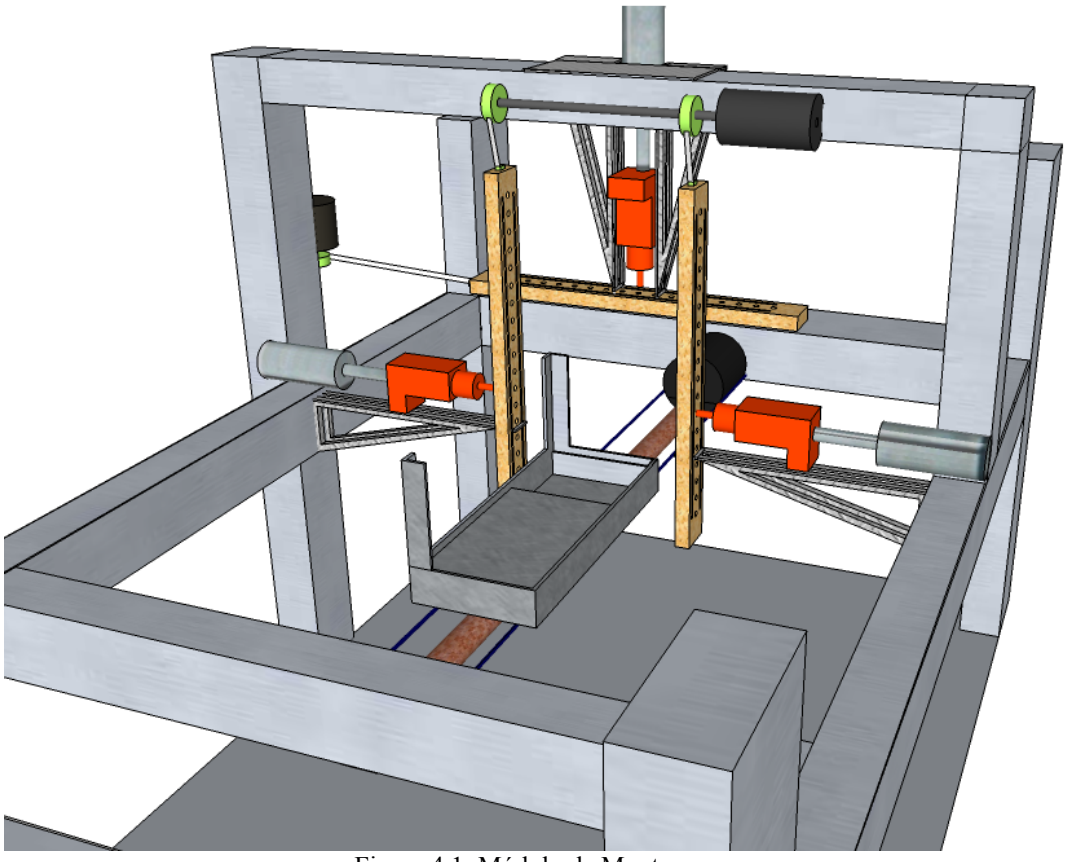

Figura 4.1: Módulo de Montagem.

4.1 Plataforma de Montagem

A plataforma de montagem tem a finalidade de acomodar a carroceria, a cabine e os

trucks durante a etapa de parafusamento, não permitindo a locomoção das mesmas durante o processo, garantindo assim a montagem correta do produto. Sua forma permite que os processos de montagem e posicionamento do caminhão e do ônibus sejam realizados da mesma maneira, ambos de cabeça para baixo, com acessibilidade tanto para a colocação das peças quanto para a retirada do produto montado.

Durante a montagem, esta plataforma se deslocará para frente e para trás, ocupando um espaço aproximado de duas vezes o tamanho da mesma, de forma a se posicionar em todos os pontos de fixação de parafusos. Este movimento se dará por meio de um fuso acoplado na parte inferior, acionado por um motor CC, e guiado por trilhos para obter melhor estabilidade. Na figura a seguir temos uma vista inferior da plataforma de montagem.No centro temos o fuso acionado pelo motor, que está no canto direito. Nos dois lados do fuso estão os trilhos, cuja função é não permitir que a plataforma gire juntamente com o fuso, mantendo seu movimento exclusivamente linear. Sensores de passagem serão posicionados nos locais de parada da plataforma a fim de controlar seu deslocamento.

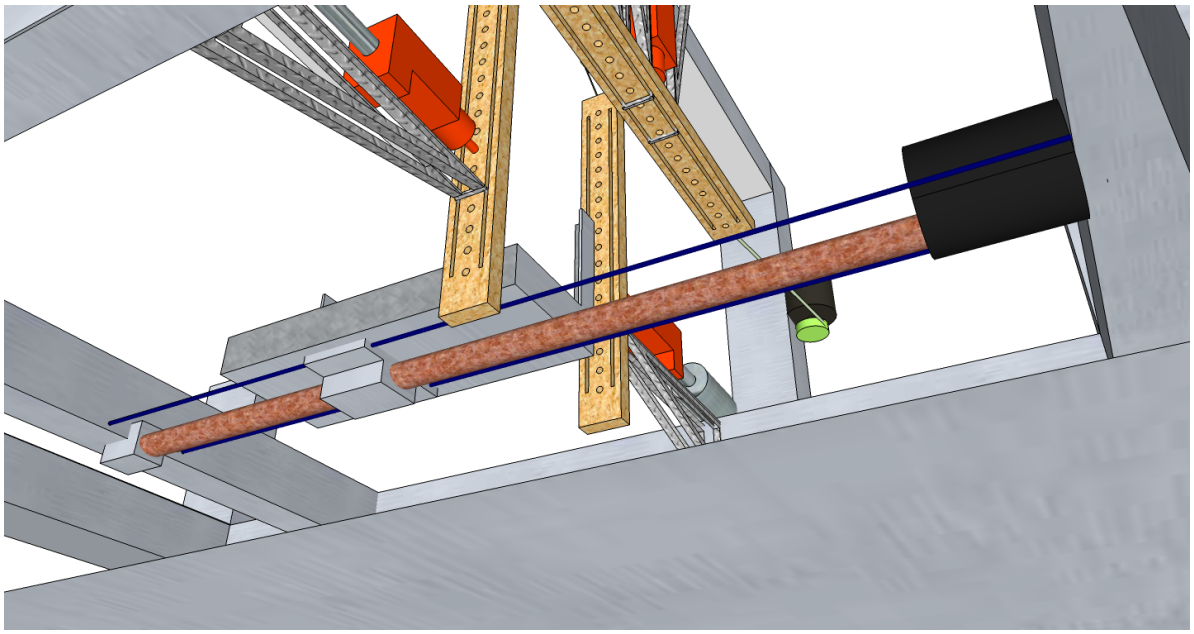

Figura 4.2 - Plataforma Móvel.

4.1.1 Materiais Utilizados

- 1 Plataforma metálica;
- 1 Motor CC - 40W;
- Fuso e trilhos metálicos;
- Conjunto de sensores de passagem.

Como protótipo para fins de teste foi desenvolvida uma plataforma de madeira. Esta se mostrou pouco eficiente nos testes realizados até agora, principalmente devido ao atrito entre a plataforma e a peça, que também é de madeira.

Para uso final, em produção, a plataforma será feita de metal a ser escolhido, devendo possuir um bom acabamento com uma baixa tolerância dimensional.

Como característica do material escolhido a plataforma deverá suportar todas as cargas envolvidas no processo de montagem com os menores danos possíveis tanto para a estrutura, que tem finalidade de uso contínuo, quanto para o produto que buscamos ter a melhor qualidade possível.

4.1.2 Dimensões

A plataforma foi dimensionada para que exista uma folga de 0,5cm em relação ao tamanho das peças do caminhão ou do ônibus. Este espaço possibilita uma maior facilidade de operações nos processos de colocação e retirada das peças da plataforma.

Os braços laterais, de 21cm de altura, servem para dar suporte ao chassi e aos trucks, porém eles existem em apenas um lado da plataforma, permitindo assim que as peças sejam colocadas e o produto montado retirado pelo outro lado da plataforma.

O desnível, de 0,05 m de altura e 0,17 m de comprimento a 0,335 m do menor lado da plataforma, serve para o encaixe da cabine no caso de montagem de um caminhão, garantindo assim que o chassi e os trucks permaneçam num mesmo plano durante o movimento decorrente da montagem, indiferentemente se for escolhida a montagem de um ônibus. Toda plataforma terá largura interna de 0,155m. A plataforma é mostrada na figura abaixo.

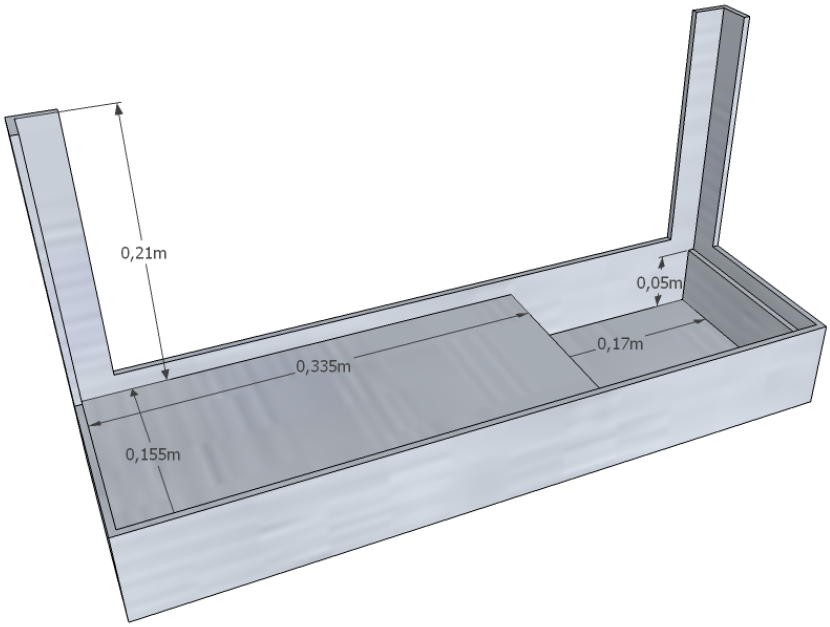

Figura 4.3: Plataforma de Montagem.

4.2 Posicionamento das rodas

As rodas serão posicionadas através de um sistema composto por uma garra e um braço mecânicos, descritos no módulo de transporte. Após a fixação de cada roda, o sistema de posicionamento pegará a próxima roda, e a posicionará novamente no mesmo lugar, alinhada com a parafusadeira e a estrutura que suporta os parafusos, para que possa ser executado um novo processo de fixação.

4.3 Posicionamento dos parafusos

O posicionamento dos parafusos será realizado por meio de três estruturas, desenvolvidas de forma a permitir que os parafusos permaneçam na posição horizontal, ou vertical no caso do parafusamento dos trucks, e alinhados corretamente com as parafusadeiras e objeto a ser fixado.

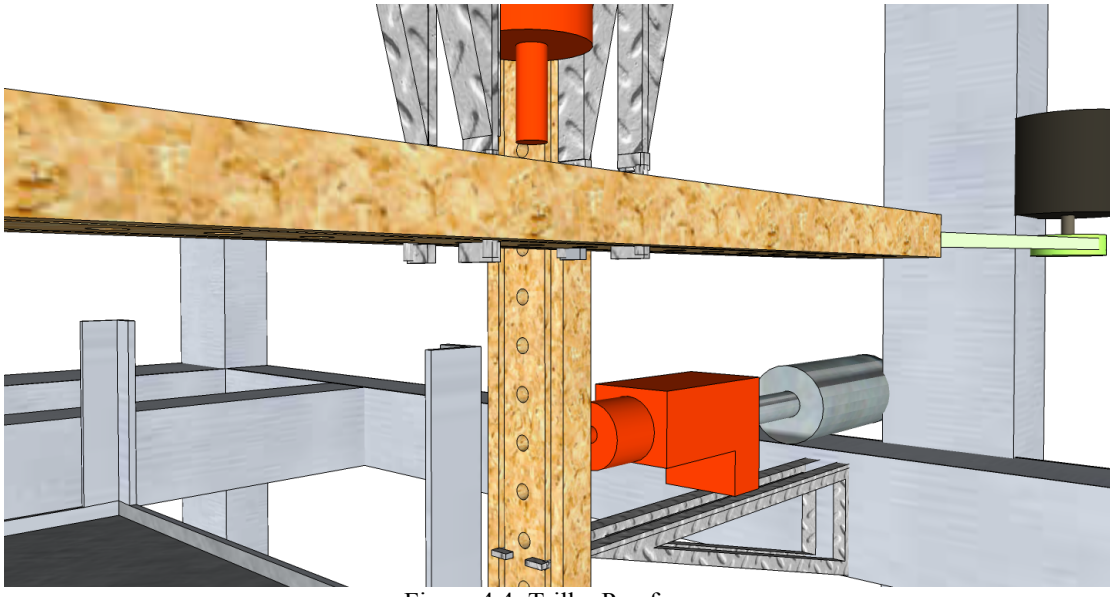

Figura 4.4: Trilho Parafusos.

Estas estruturas são compostas por furos, por onde irão passar os parafusos utilizados na montagem, na figura 4.4 estão representadas em madeira. Para realizar o suporte destes parafusos utilizar-se-a uma camada de borracha fixada sobre os dois lados da estrutura, com cortes em formato de “x” sobre os buracos existentes, de forma que, tanto o parafuso quanto a parafusadeira, sejam capazes de atravessar a borracha.

As estruturas para o parafusamento das rodas contêm dezoito furos, desta forma, poderão ser realizadas seis operações de montagem antes de se realizar a recarga dos parafusos. A estrutura que servirá para o parafusamento dos trucks possui doze furos, também possibilitando seis operações de montagem, tendo em vista que para esta etapa são utilizados quatro parafusos (dois para fixar cada truck).

A estrutura também é composta por duas guias que servirão como trilhos, para que a estrutura possa se mover para cima e para baixo para posicionar o parafuso no local correto, e após a fixação deste parafuso, posicionar o próximo. Este acionamento será feito através de um motor CC e um conjunto de roldanas, como mostrado na figura a seguir.

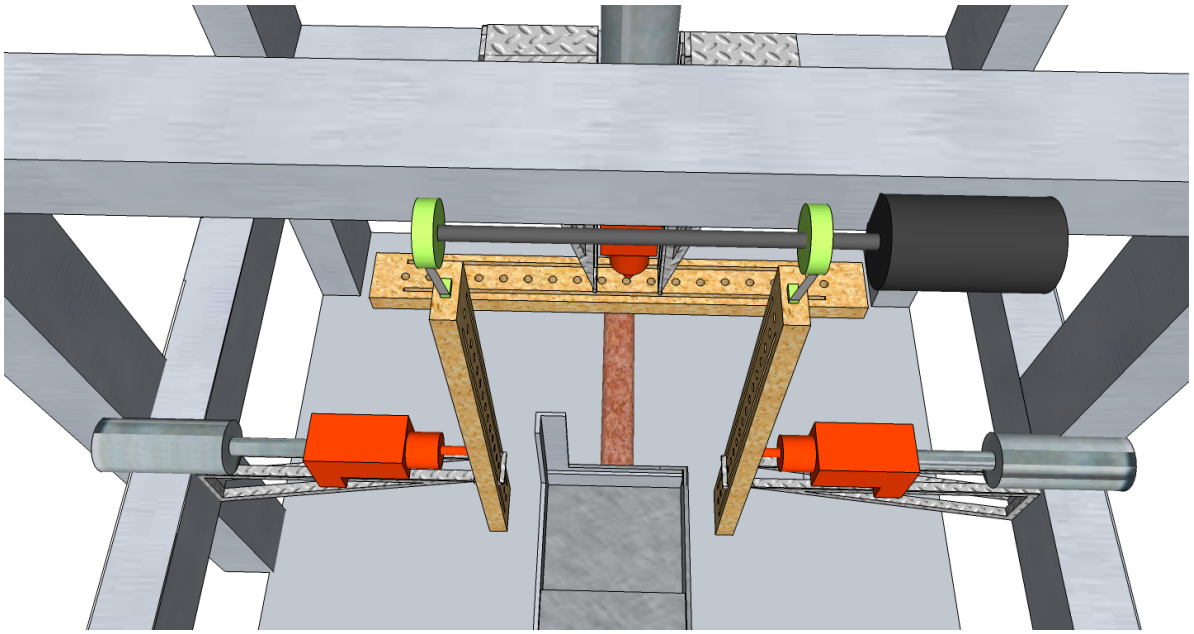

Figura 4.5: Controle de deslocamento dos trilhos - estrutura vertical

O mesmo princípio é válido para a estrutura na horizontal, como pode ser visto na figura 4.6.

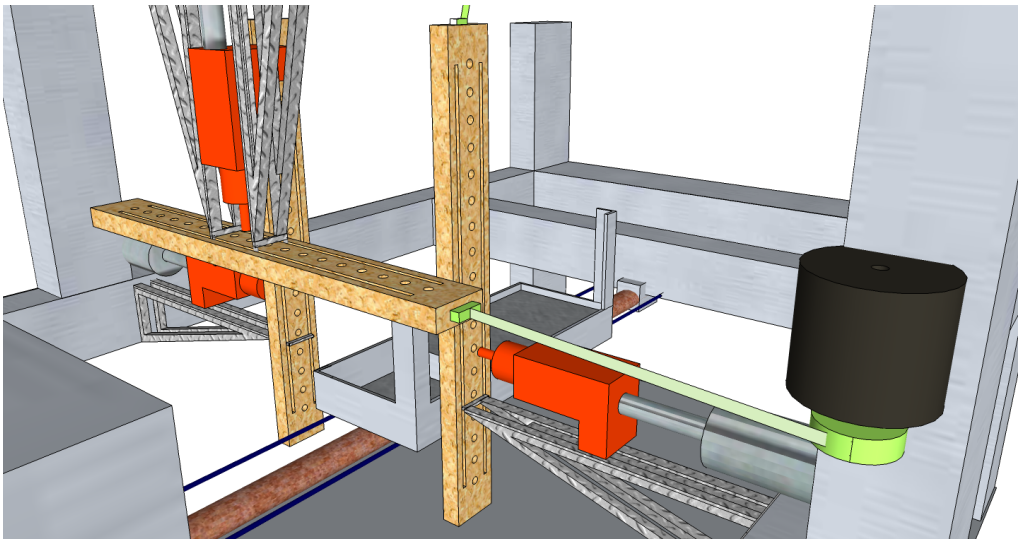

Figura 4.6: Controle de deslocamento dos trilhos - estrutura horizontal

Depois que todos os parafusos do suporte forem usados, o mesmo deve ser retirado, recarregado, e colocado novamente na posição inicial. Para tanto se fará necessário o trabalho de um operador, que deverá retirar facilmente cada estrutura e substituí-la por outra carregada. Vale a pena ressaltar que alternativas totalmente automatizadas não foram viáveis neste projeto devido aos seus altos custos.

Observa-se que quando a estrutura de parafusos atingir o fim de seu curso ela entrará no espaço ocupado pelo módulo de pintura, que localiza-se imediatamente abaixo do módulo de montagem. Esse fato porém não ira interferir em nenhum momento o funcionamento do módulo de pintura.

4.3.1 Dimensões

A estrutura possui 60cm de altura por 6.5cm de comprimento e 2,5cm de largura. O diâmetro dos furos possui 1cm, tamanho suficientemente grande para a passagem do parafuso, e a distância entre os furos é de 3cm. A imagem desta estrutura é mostrada abaixo.

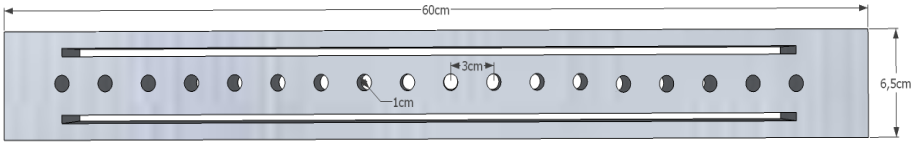

Figura 4.7: Suporte para os parafusos

Serão utilizados na montagem parafusos específicos para madeira com comprimento de 50 mm para parafusar o truck e o chassi e 40 mm para parafusar as rodas.

4.4 Pré-Montagem

Antes de iniciar-se o processo de montagem algumas condições se fazem necessárias. Primeiramente o módulo necessita de um estoque prévio de parafusos, devidamente posicionados em seus respectivos lugares. Além disso, é necessário que o transporte posicione corretamente a carroceria, o chassi e os trucks na plataforma de montagem, bem como as rodas em seus respectivos lugares. Após as peças posicionadas, será aguardada a confirmação da Identificação, que deverá certificar que as peças estão nas suas devidas posições. Somente com todos os requisitos de pré-montagem atendidos, o processo de montagem é iniciado.

4.5 Processo de Montagem

Processo no qual o produto é montado, por meio da fixação de suas peças com parafusos. As peças a serem parafusadas serão: os dois trucks no chassi, que com o mesmo parafuso fixará também o chassi na carroceria, e as 6 rodas, sendo 2 fixadas no truck dianteiro e 4 no truck traseiro.

A montagem inicia após o correto posicionamento da carroceria, cabine e trucks na plataforma de montagem, feito pelo posicionamento.

4.5.1 Movimento de Fixação

Consiste no parafusamento das peças. Será efetuado por três parafusadeiras elétricas acopladas a atuadores pneumáticos, que movimentarão as parafusadeiras verticalmente, ou horizontalmente, em direção ao parafuso e à peça a ser fixada.

O parafusamento horizontal será entre as rodas e os trucks, sendo que o truck, a roda, os parafusos e a parafusadeiras estarão exatamente alinhados. O atuador então movimentará a parafusadeira em direção ao parafuso, que se fixará em sua ponta magnetizada. A parafusadeira é acionada e o atuador continua movimentando-a de encontro à roda, com o parafuso atravessando a mesma até a fixação da roda no truck. Após esse movimento, a parafusadeira retorna à sua posição original. Esse processo acontecerá simultaneamente em ambos os lados do produto, sendo efetuado por dois pares de parafusadeiras e atuadores, ambos responsáveis pelo parafusamento de três rodas.

Para a fixação do truck na carroceria será utilizada somente uma parafusadeira e

atuador, posicionados no sentido vertical. O parafusamento dos trucks será feito em movimentos semelhantes ao citados anteriormente, porém para este caso, quatro etapas de fixação serão realizadas, dois para cada truck.

Experimentalmente será determinada uma pressão ideal para ser aplicada nos cilindros pneumáticos, de forma que ele se movimente em uma velocidade compatível com o processo.

Após a fixação de cada parafuso, apenas o suporte principal se movimentará, posicionando-se no local correto para a fixação dos próximos parafusos. A identificação da posição da plataforma será feita através de conjuntos de led's emissores e receptores, que identificarão quando o suporte chegar na posição desejada.

Após o término da montagem, a plataforma retorna à posição inicial, para que possa ser identificada, retirada e encaminhada ao estoque.

4.5.2 – Materiais Utilizados

- Conjunto de leds emissores e receptores;
- 3 Cilindros Pneumáticos normalizados DSNU-25 Festo;
- 3 Furadeiras/Parafusadeiras Black & Decker 12 V Sem Fio Gc1200.

4.6 Eliminação de Resíduos

Como o parafusamento será feito diretamente sobre a madeira bruta, isso irá gerar uma grande quantidade de resíduos de madeira, que quando acumulados podem gerar problemas para a linha de produção. Para tanto é necessário um sistema que elimine esses resíduos, garantindo condições de limpeza e bom funcionamento do módulo.

A eliminação desses resíduos se dará por meio de aspiração. Será utilizado um aspirador com uma tubulação de sucção contendo 3 subdivisões, ambos fixos. Cada divisão ficará próxima dos 3 pontos de parafusamento, sendo um superior e dois laterais, e irá aspirar instantaneamente qualquer resíduo produzido.

4.6.1 Materiais Utilizados

- 1 Aspirador de pó Zion 1000W - Mondial;
- Tubulações Flexíveis.

5 POSICIONAMENTO, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM

5.1 Estrutura

Como principal esqueleto da célula de manufatura, optou-se por utilizar perfis de alumínio de diversos formatos e tamanhos, os quais permitem uma maior abrangência de layouts, fazendo com que a estrutura possa se adequar a futuras exigências dos demais módulos. Desta forma, obteve-se um esqueleto base:

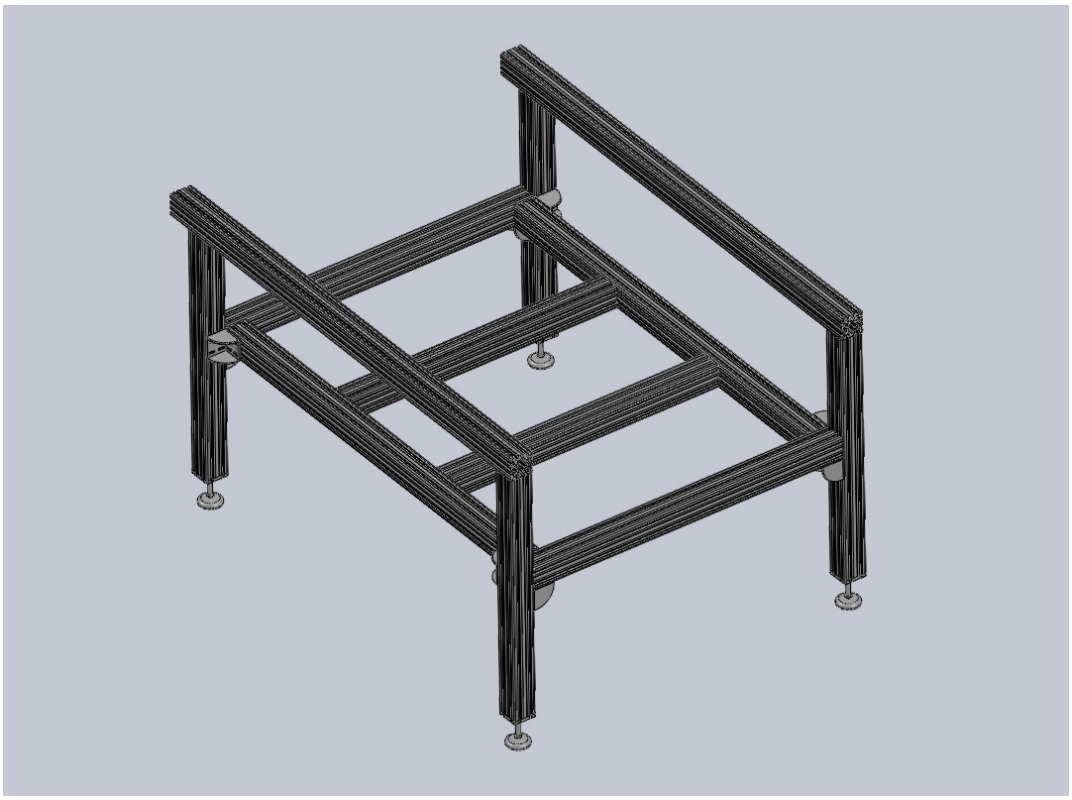

Figura 5.1: Esqueleto base da estrutura utilizada.

Esta estrutura encontra-se montada atualmente no Laboratório de Mecatrônica e Controle – LAMECC. Sobre as duas partes mais alta da mesma, encontra-se uma ponte que desliza sobre todo o comprimento. Esta ponte permite o uso de três graus de liberdade, pois sobre ela existe um carro que permite um movimento perpendicular ao da ponte. Sobre o carro, é montado um sistema pneumático para obter o terceiro grau de liberdade: variação do deslocamento no eixo *y*. Assim, o carro e a ponte dão suporte a um movimento cartesiano enquanto o eixo *y* é obtido através do deslocamento de um pistão presente num sistema montado sobre o carro.

5.1.1 Motores

Existem três motores que movimentam a estrutura. Um deles é considerado o *master* enquanto os restantes são chamados *slaves*. O *master* é o que controla todos os motores. O fabricante dos motores é a empresa *Parker*®, e os modelos utilizados são:

- OEM750 para os slaves, e;
- OEM750x para o master.

Figura 5.2: Motor do mesmo modelo ao utilizado na estrutura.

Todos motores foram testados e estão em funcionamento. A sua programação é feita através de um software chamado *Xware*®. A linguagem de programação utilizada é por comandos prontos, reconhecidos pelo compilador. A comunicação com um microcomputador é feita através de porta paralela. A seguir, mostra-se o código utilizado para teste do funcionamento do motor após a conexão com o software, utilizando um microcomputador:

MN : seta unidade para o modo NORMAL;
LD3 : desabilita limites de sentido de giro
A1Ø : seta aceleração para 10 rps
V1Ø : seta velocidade para 10 rps
D25ØØØ : seta distância percorrida por uma rotação
G : inicia movimento

H : seta movimento na direção contrária
G : inicia movimento

5.1.2 Disposição dos módulos

Com base no que foi mostrado anteriormente na disciplina de Projeto I, passou-se a discutir possíveis layouts para os módulos dentro do esqueleto proposto. Desta forma, algumas propostas se destacaram:

- Módulos de pintura ao lado de fora da estrutura, no primeiro nível, com uma esteira em formato de T fazendo a ligação entre ambos e um elevador para transporte até um segundo nível. Neste segundo piso, o módulo de identificação ficaria colocado logo após a saída do elevador sendo seguido pelo módulo de montagem. O armazenamento ficaria colocado logo atrás de cada um dos módulos de pintura, sendo então, as peças divididas de acordo com seu tipo de pintura. A saída do armazenamento seria ligada diretamente na entrada dos módulos.
- Módulos de pintura abaixo da estrutura, ocupando todo o primeiro piso, sem ultrapassar os limites do esqueleto. Nesta configuração, a esteira estaria localizada num extremo do esqueleto, em todo seu comprimento, ainda no primeiro piso. O armazenamento estaria localizado logo atrás dos módulos de pintura e poderia ser unificado. O elevador passaria a estar ao lado do esqueleto, e não na metade da dimensão de uma de suas laterais, como no caso anterior.

Este último acabou sendo escolhido como o layout a ser adotado na célula de manufatura.

5.2 Transporte

5.2.1 Esteira

Para o transporte de peças entre um módulo e outro, optou-se pela utilização de esteiras movidas por motores DC. Desta forma, o dimensionamento do motor deu-se através da peça de maior massa que poderia ser transportada, adicionada a ela um coeficiente de segurança. Sendo assim, chegou-se ao valor de motor DC com potência de 30W. Este motor é capaz de transportar, com folga, uma peça com massa de 12kg, a uma velocidade de 10 cm/s

na horizontal. A massa corresponde a um bloco de madeira, maciço, do tamanho do ônibus a ser fabricado. É importante observar que, mesmo no caso do ônibus, as peças não serão maciças.

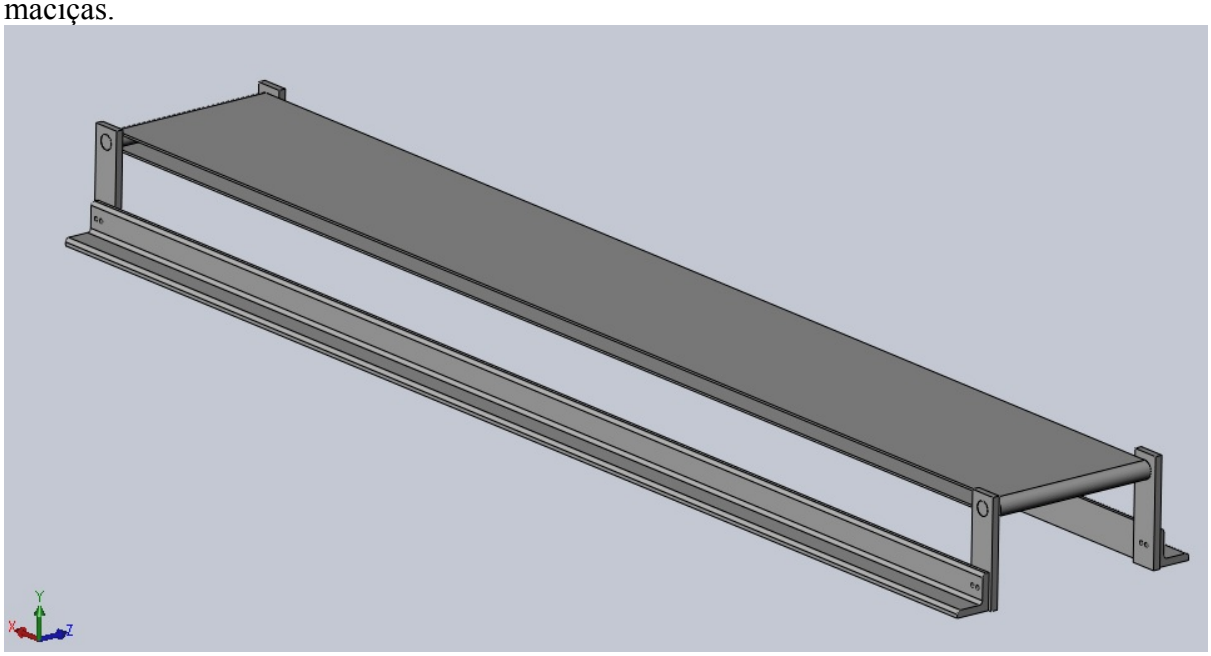

Figura 5.3: Esteira para a dimensão maior.

A esteira pode ser dividida em duas partes. Uma com a dimensão maior do esqueleto, em torno de 1700mm, e outra menor, para o deslocamento lateral até onde estará localizado o elevador de nível, com dimensão em torno de 1400mm. A largura total ocupada pela esteira está em torno de 250mm. Desta forma, é necessário que as peças com maior comprimento sejam colocadas na esteira pelo seu lado com a menor dimensão. A estrutura da esteira será composta por uma canaleta em L, e pequenos apoios com roletes em várias distâncias ainda a serem dimensionadas. Em uma das suas extremidades, o motor está conectado ao rolamento e ao pino que fazem contato com a esteira.

A esteira faz o papel de atuador que introduz a peça dentro do elevador. Assim, apenas se faz necessário um controle sobre o motor da esteira de forma que o mesmo não permita que uma peça se desloque ao interior do elevador num momento em que o mesmo não se encontrar no primeiro nível.

5.2.2 Elevador de nível

O elevador de nível é composto basicamente por um motor DC de 30W, o mesmo utilizado nas esteiras, um parafuso sem fim conectado ao motor e preso à base do elevador e, duas guias de apoio para estabilizar o movimento de subida e descida do mesmo. Acoplado

ao motor, existe um encoder, com resolução em torno de 200:1, que faz o papel de sensor retornando a posição do elevador ao controle central.

A retirada da peça do elevador e conseqüente transporte até o módulo de identificação se dá através de um sistema pneumático acoplado ao carro na parte superior do esqueleto.

5.3 Posicionamento

O posicinamento das peças é obtido através do conhecimento de como as peças são colocadas na esteira. O conjunto esteira-elevador apenas faz um deslocamento das peças sem alterar sua posição em relação ao sistema. Desta forma, o sistema pneumático tem informação de como a peça atual está chegando e sabe o exato ponto de contato onde pode pegá-la e transportá-la ao módulo de identificação.

5.3.1 Garra

No caso das rodas, ao sair da identificação, são fixadas por uma garra que fará seu posicionamento no módulo de montagem, agindo também como sistema de fixação durante o parafusamento da mesma.

Dessa forma, projetou-se uma garra com três graus de liberdade, de forma a fazer um giro completo sobre seu eixo, invertendo a sua posição em 180º e ainda rotacionando sua extremidade de forma a alinar a roda com o restante da estrutura já presente na plataforma de montagem.

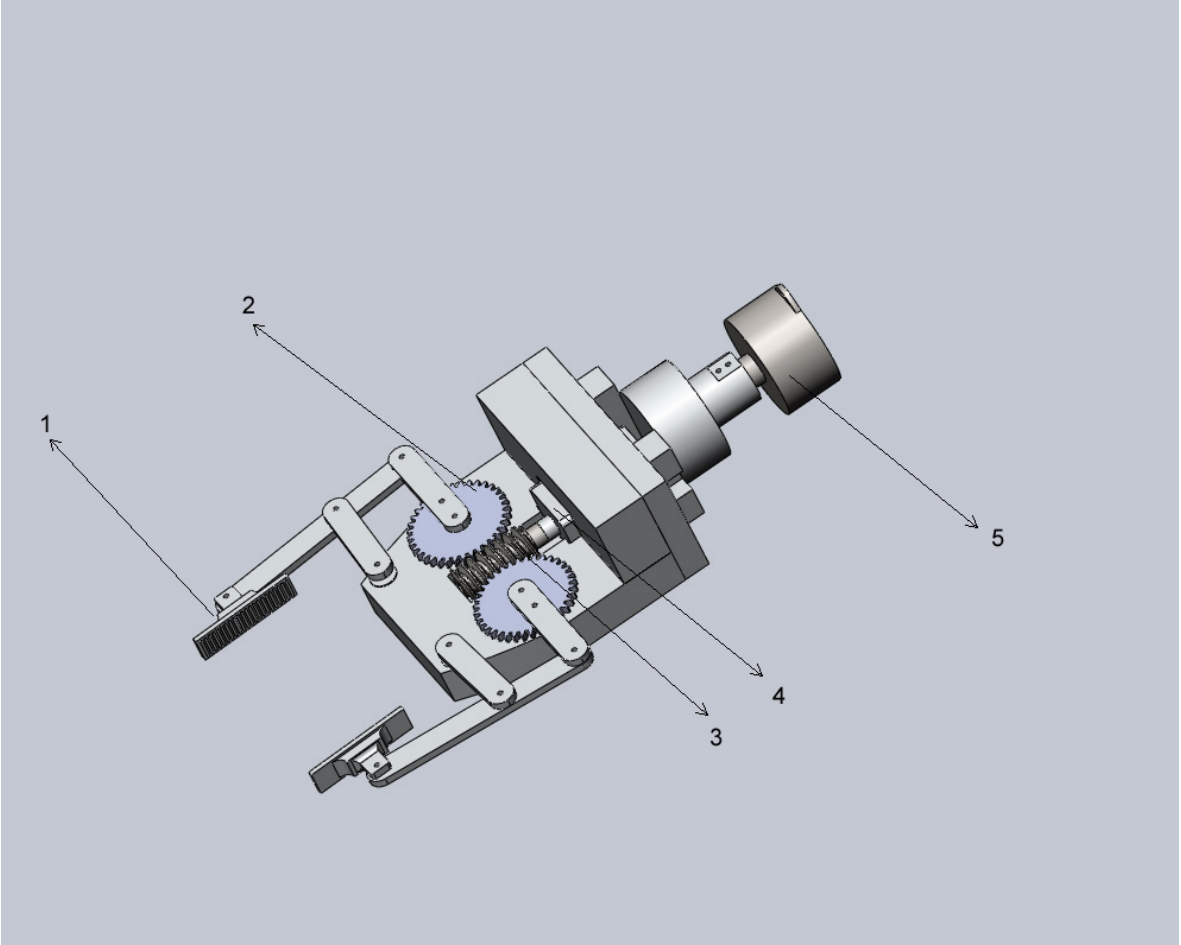

Figura 5.4: Garra para auxiliar no posicionamento das rodas no momento da montagem.

Nesta imagem, pode-se observar:

1- Garras com uma face áspera, de forma a facilitar a fixação das peças. Material para construção: madeira ou alumínio.

2- Engrenagem de módulo 1 e 36 dentes, para efetuar o movimento de abrir e fechar as garras. Material para construção: plástico.

3- Parafuso sem-fim de módulo 1 com comprimento de 40mm fixado a um motor para controle da abertura das garras. Material para construção: plástico.

4- Motor CC, 3W com sentido de giro inversível.

5- Motor CC, 5W, para girar a garra em torno do seu próprio eixo.

5.3.2 Gaveta

Para fazer a movimentação das peças ao módulo de pintura, será utilizada uma gaveta com compartimentos. As peças armazenadas ficarão empilhadas e localizadas na parte superior, que por ação da gravidade, cairão na gaveta, e essa deslocar-se-á linearmente,

retirando apenas um conjunto de peças e propiciando um posicionamento correto para que possa ser feito a retirada pelo módulo de pintura.

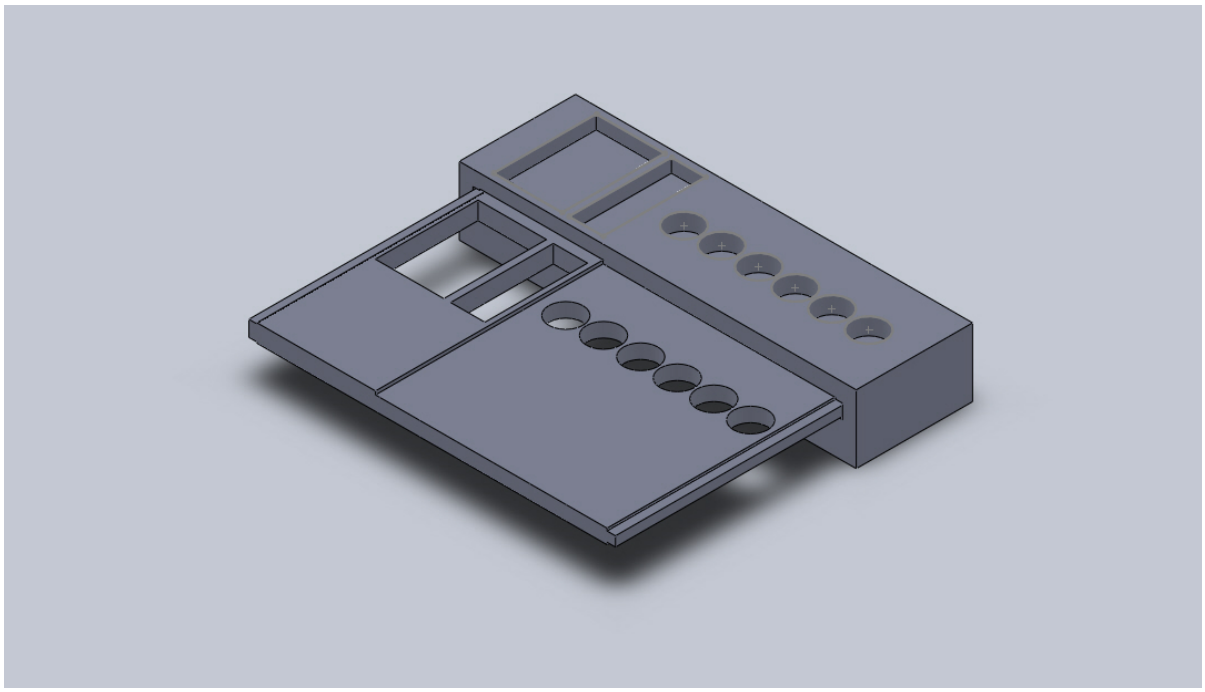

Figura 5.5: Modelo de gaveta para auxiliar na retirada de peças do armazenamento.

5.4 Armazenamento

5.4.1 Rodas, trucks e chassi

Para o armazenamento das rodas e dos trucks, será utilizado uma magazine, onde as peças ficarão empilhadas e haverá um controle que medirá três níveis: cheio, médio e baixo. O último enviará um sinal para o CLP, avisando que o estoque necessita ser recarregado para que o processo de fabricação possa continuar. A disposição dessas magazines se dá no mesmo formato da gaveta, sendo montada em cima dela.

5.4.2 Carroceria, cabine e caçamba

O mesmo sistema de magazines utilizado para as rodas, para os trucks e para os chassis, também será usado para a carroceria, para a caçamba e para a cabine. No entanto, o sistema que fará a retirada das peças será diferente. Ela funcionará através de três magazines onde estarão a carroceria, a caçamba e a cabine. Para fazer a retirada da peça

selecionada, serão utilizados atuadores lineares para deslocar a peça da magazine para um trilho secundário. Em seguida, outro atuador deslocará essa peça para a esteira, que transportará a peça para a pintura. Será retirada uma peça por vez, a partir da solicitação de ônibus ou caminhão feita pelo usúario.

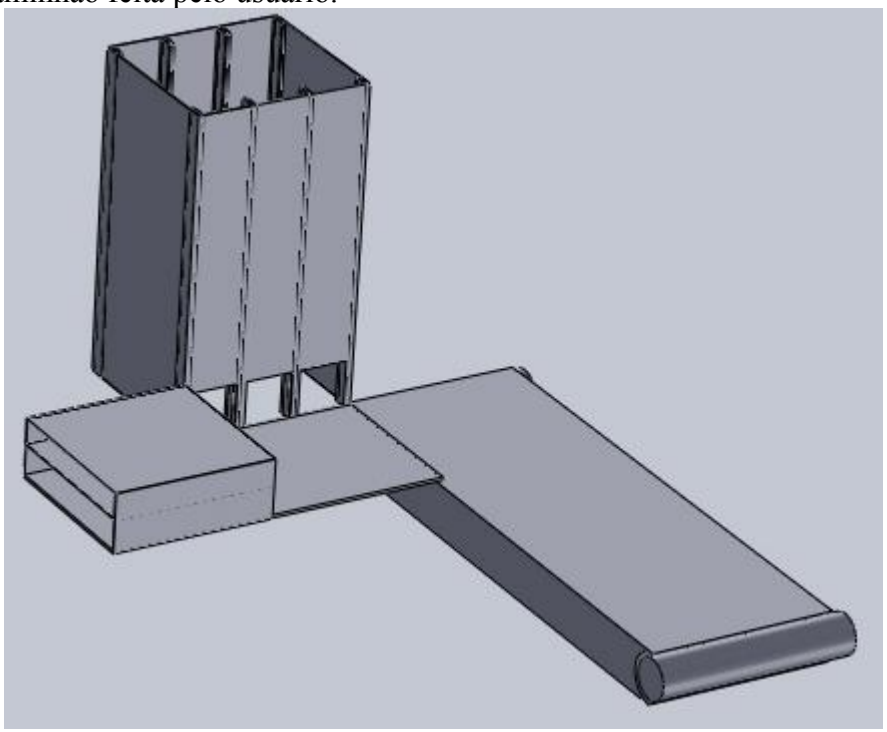

Figura 5.6: Modelo para o sistema de armazenamento e retirada da carroceria, caçamba e cabine.

6 Conclusão

Através da idealização de muitos dos conceitos desenvolvidos teoricamente na disciplina de Projeto I, por meio de protótipos feitos em madeira ou em lego, pode-se avaliar a funcionalidade dessas ideias e identificar possíveis alterações ou melhorias. A partir destas alterações, foi possível chegar em um projeto muito mais consistente e eficaz.

O processo de identificação por câmeras para o controle de qualidade da pintura automatiza o processo e evita falhas humanas, garantindo dessa maneira um padrão no descarte ou aceite dos produtos pintados. O algoritmo implementado em MatLab mostrou-se flexível, pois através de diferentes tipos de filtros, foi possível analisar diferentes aspectos das imagens capturadas através de webcams. Sendo possível identificar o tamanho e a forma das peças, e a analisar qualitativamente a pintura. Os resultados obtidos para a identificação da cor mostraram-se satisfatórios, porém o programa implementado ainda não é capaz de distinguir falhas na pintura. Para solucionar este problema outros métodos de filtragem serão testados bem como outras técnicas de iluminação.

A pintura foi aperfeiçoada em relação ao projeto conceitual, implementando métodos mais simples para obter resultados mais refinados e econômicos. A divisão da pintura em dois processos distintos aumenta a eficiência do módulo, pois cada processo é otimizado de acordo com as características de cada grupo de peças. Isso só foi possível com uma alocação de espaço relativamente independente para o módulo de pintura, situado abaixo dos outros módulos. Além disso, conseguiu-se um tempo consideravelmente bom de secagem, evitando que o processo todo ficasse estagnado no módulo de pintura.

A implementação de gabaritos durante o processo de montagem mostrou-se bastante útil, facilitando os processos de colocação e retirada das peças, e da fixação através de parafusos. Além disso, a estrutura de suporte para os parafusos também funcionou da maneira esperada, o que possibilitará a obtenção de um bom acabamento do produto final, e a utilização de uma estratégia de controle simples.

Com a definição da topologia e do espaço disponível, pode-se fazer concluir a logística que será utilizada, como a alocação dos módulos e o transporte entre eles. Também houve a definição de como será feito o controle de posição e, em alguns casos, o desenvolvimento de protótipos, como a garra, para o posicionamento das rodas, e a gaveta,

para a retirada da armazenagem. Na armazenagem, houve apenas a consolidação das ideias levantadas em Projeto I.

7 Referências Bibliográficas

[1] Manual de Instruções Black & Decker, disponível em: <http://www.bdferramentas.com.br/manu/GC9600.pdf>. Acessado em 15 de Dezembro de 2010

[2] Cilindros Normalizados e Convencionais DSNU/ESNU, disponível em: <https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_PTBR/PDF/PT/DSNU-ISO_PT.PDF>. Acessado em 15 de Dezembro de 2010

[3] Manual de Instruções Aspirador de Pó Mondial Zion 1000, Disponível em: **<**http://www.mondialine.com.br/novo/manual/AP-02.pdf >. Acessado em 17 de Dezembro de 2010.

[4] Parker Hannifin Corporation, em:
<http://www.parker.com>. Acessado em 20 de Dezembro de 2010.

[5] The Bosch Group, em:
<http://www.bosch.com>. Acessado em 07 de Dezembro de 2010.

Anexos

Especificações Parafusadeiras

Características Técnicas

		GC1200	GC1440
Voltage	V_{DC}	12	14,4
Velocidade sem carga	min^{-1}	0-750	0-750
Torque Max.	Pulg/lbs	97	107
	Nm	11	12,1
Capacidade do mandril	mm	10	10
Cap. Máx. de perfuração			
Aço	mm	10	10
Madeira	mm	25	25
Peso	kg	0,9	0,9

		GC1800	GC9600
Voltage	V_{DC}	18	9,6
Velocidade sem carga	min^{-1}	0-750	0-750
Torque Max,	Pulg/lbs	107	92
	Nm	12,1	10,4
Capacidade do mandril	mm	10	10
Cap. Máx. de perfuração			
Aço	mm	10	10
Madeira	mm	25	25
Peso	kg	0,9	0,9

Bateria		**A12E**	**A14E**
Voltage	V_{DC}	12	14,4
Capacidade	Ah	1,2	1,2
Peso	kg	0,47	0,57

Bateria		**A18E**	**A96E**
Voltage	V_{DC}	18	9,6
Capacidade	Ah	1,2	1,2
Peso	kg	0,71	0,42

Carregador		
Voltagem de entrada	V_{AC}	
AR, B2C		220V ~ 50Hz
B3		120V ~ 60Hz
B2		220V ~ 60Hz
BR		127V/220V ~ 60Hz
Temp. de Carreg. Aprox.	h	3

Especificações Cilindros Pneumáticos

Característica	Valores
Curso	1 - 500 mm
Diâmetro do êmbolo	25 mm
Amortecimento	P: Anéis/placas de amortecimento elástico nas posições finais de curso PPV: Amortecimento pneumático regulável nas posições finais de curso PPS: amortecimento pneumático nas posições finais autoajustável
Posição de instalação	Nos dois lados
Conforme norma	CETOP RP 52 P ISO 6432
Princípio construtivo	Êmbolo Haste Camisa do cilindro
Detecção de posição	Para sensor de proximidade
Antigiro/guia	Haste quadrada
Pressão de trabalho	1 - 10 bar
Modo de operação	de dupla ação
Categoria ATEX para ambiente explosivo a gás	II 2G
Tipo de proteção contra a combustão de gás inflamável	c T4
Categoria ATEX para ambiente explosivo a poeira	II 2D
Tipo de proteção contra a combustão de poeiras combustíveis	c 120°C
Temperatura do ambiente potencialmente explosivo	-20°C <= Ta <= +60°C

Meio operacional	Ar comprimido seco, lubrificado e não lubrificado
Certificação CE (veja Declaração de Conformidade)	conforme Diretriz EU relativa à proteção contra explosões (ATEX)
Classe de resistência à corrosão KBK	2 3
Temperatura ambiente	-20 - 120 °C
Autorização	Germanischer Lloyd
Energia de impacto nas posições finais	0,3 J
Força teórica a 6 bar, avanço	247 - 295 N
Tipo de fixação	com acessórios
Conexão pneumática	G1/8
Informação sobre material, tampão	Liga de alumínio
Informação sobre material, vedações	NBR TPE-U(PU)
Informação sobre material, haste	Aço alta liga, inoxidável
Informação sobre material, camisa do cilindro	Aço alta liga, inoxidável

Especificações Aspirador de Pó (Módulo Montagem)

Potência	1.000W
Cor	Vermelho
Peso (kg)	3 Kg
Comprimento (m)	0,230
Largura (m)	0,310
Altura (m)	0,200
Mangueira de sucção flexível	Sim
Indicador de coletor cheio	Sim
Rodas para transporte	Sim
Tipo do saco coletor	Permanente e Lavável
Número de bocais	03 Bocais
Tipo de aspirador	Pó
Consumo aproximado de energia	1,0 Kw/h

Inventário de peças possíveis de serem utilizadas na montagem da estrutura, contendo quantidade de peças, descrição e código no site do fabricante.

Quantidade	Descricao	Part Number
93	modulo passa-fio	
4	suporte para modulo passa-fio macho	
4	suporte para modulo passa-fio femea	
1	perfil_30x30_360mm	Rexroth-3 842 990 720_200MM
1	perfil_30x30_210mm	Rexroth-3 842 990 720_200MM
1	perfil_30x30_127mm	Rexroth-3 842 990 720_200MM
1	perfil_30x30_120mm	Rexroth-3 842 990 720_200MM
1	perfil_30x30_50mm	Rexroth-3 842 990 720_200MM
2	perfil_30x30_tipo2_60mm	
1	perfil_30x30_tipo2_130mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado_440mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado_60mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado_100mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado_130mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado_217mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado2_130mm	
1	perfil_30x30_tipo2_furado2_179mm	
2	perfil_30x30_furado_1190mm	Rexroth-3 842 990 720_200MM
1	perfil_45x90_88mm	Rexroth-3 842 992 432_200MM
1	perfil_45x60_500mm	Rexroth-3 842 990 570_200MM
2	perfil_45x90_1300mm	Rexroth-3 842 990 570_200MM
12	perfil_30x100_115mm	Rexroth-3842519448

4	pe	Rexroth-3842311951
4	suporte_pe	Rexroth-3842511352
9	capa_cantoneira	Rexroth-3842523580
13	cantoneira	
4	perfil_90x90_1000mm	Rexroth-3 842 992 415_200MM
2	perfil_90x90_1300mm	Rexroth-3 842 992 415_200MM
2	perfil_90x90_1120mm	Rexroth-3 842 992 415_200MM
2	perfil_90x90_1700mm	Rexroth-3 842 992 415_200MM
1	guide_30x82_1980mm	
1	guide_34x22_1874mm	
1	perfil_90x90_1980mm	